

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL

DISSERTAÇÃO

**Otimização da Rede Logística de Soro de Leite nas Mesorregiões Zona da
Mata e Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais**

Walciney José das Chagas de Oliveira

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL**

**OTIMIZAÇÃO DA REDE LOGÍSTICA DE SORO DE LEITE NAS
MESORREGIÕES ZONA DA MATA E CAMPO DAS VERTENTES DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

WALCINEY JOSÉ DAS CHAGAS DE OLIVEIRA

Sob a Orientação da Professora
Renata Valeriano Tonon

e Coorientação do Professor
Amauri Rosenthal

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Área de Concentração em Meio Ambiente.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2017

O48o Oliveira, Walciney José das Chagas de, 1990-
Otimização da rede logística de soro de leite nas
mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes do
Estado de Minas Gerais / Walciney José das Chagas de
Oliveira. - 2017.
80 f.: il.

Orientadora: Renata Valeriano Tonon.
Coorientador: Amauri Rosenthal.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Engenharia Agrícola e
Ambiental, 2017.

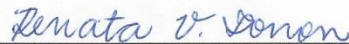
1. Soro de leite. 2. Modelo logístico. 3.
Localização de instalações. I. Tonon, Renata Valeriano,
1980-, orient. II. Rosenthal, Amauri, -, coorient.
III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Engenharia Agrícola e Ambiental. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

WALCINEY JOSÉ DAS CHAGAS DE OLIVEIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de Concentração em Meio Ambiente.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23/02/2017



Renata Valeriano Tonon. Dra. Embrapa
(Orientadora)



Alexandre Lioi Nascentes. Dr. UFRRJ



André Yves Cribb. Dr. Embrapa

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

Aos meus pais, irmão e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela seriedade da Instituição e oportunidade de realização do curso.

A todos os professores e amigos, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (PGGEAmb), pelos ensinamentos e apoio no desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor Amauri Rosenthal, pela coorientação, confiança e oportunidade ímpar de fazer parte deste projeto.

À professora Renata Valeriano Tonon, pela orientação, confiança, apoio e pelas contribuições que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Aos colegas do Setor de Transferência de Tecnologia da Embrapa Agroindústria de Alimentos, pelos incentivos e suporte.

Aos laticínios que aceitaram participar deste estudo.

À AusAID (*Australian Agency for International Development*, Austrália) pelo financiamento da pesquisa, bem como a equipe de especialistas da Austrália, Brasil, Argentina, Uruguai e Colômbia que participaram do projeto com contribuições valiosas.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, à Embrapa Gado de Leite, à Agência de Inovação Polo do Leite, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais e ao Instituto de Laticínios Cândido Tostes pelo apoio na pesquisa.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para o sucesso deste trabalho. Muito obrigado!

RESUMO

OLIVEIRA, Walciney José das Chagas de. **Otimização da rede logística de soro de leite nas mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais.** 2017. 80p Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

O soro de leite produzido por pequenas e médias queijarias em Minas Gerais está sendo subutilizado e carrega um fardo econômico devido a perdas para o meio ambiente. O presente estudo fornece um diagnóstico da utilização de soro de leite em um *cluster* selecionado de 76 laticínios localizados na Zona da Mata e Campo das Vertentes, e economicamente avalia possíveis cenários de agregação de valor para o desenvolvimento Regional, considerando a absorção de soro de leite potencial por duas plantas de secagens estabelecidas com capacidades ociosas. O modelo de tomada de decisão indicou que o cenário mais econômico inclui a instalação de centro de coletas de soro de leite. Com um investimento de desenvolvimento Regional mínimo de R\$ 55.000.000,00, o modelo seleciona a planta de Ponte Nova como o destinatário do soro do *cluster* (principalmente na forma de pré-concentrado) para produzir o soro de leite parcialmente desmineralizado em pó 40%, com um retorno do investimento de 2,9 anos. Mudanças nos custos de transporte não impactaram as recomendações de saída do modelo. Este estudo demonstrou a viabilidade econômica para a recuperação do soro de leite em soro em pó após a formação de um *cluster* de pequenos e médios associados queijeiros.

Palavras-chave: Processamento de soro de leite. Modelo logístico. Localização de instalações.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Walciney José das Chagas de. **Optimization of the whey logistics network in the mesoregions Zona da Mata and Campo das Vertentes of the State of Minas Gerais.** 2017. 80p Dissertation (Master Science in Agricultural and Environmental Engineering). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

Whey produced by small to medium cheese makers in the state of Minas Gerais is currently being underutilised and carries an economic burden due to losses to the environment. The current study provides a diagnostic of whey utilisation in a selected cluster of 76 dairy companies located in Zona da Mata and Campo das Vertentes and economically assesses potential value addition scenarios for regional development by considering the potential whey uptake by two established drying plants with spare capacity. The decision making model indicated that the most economical scenario includes the installation of whey collection centers. With a minimum regional development investment of R\$55,000,000.00, the model selects the Ponte Nova plant as the recipient of the cluster's whey (mostly in pre-concentrated form) to produce partially demineralised whey powder 40%, with a return of investment of 2.9 years. Changes in transportation costs did not impact on the model output recommendations. This study demonstrated the economic viability for whey recovery into whey powder following the formation of a cluster of associated small to medium cheesemakers.

Key words: Processing of whey. Logistic model. Location of facilities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeias produtivas do queijo e do soro de leite	6
Figura 2 - Aquisição anual de leite no Brasil de 2006 a 2015.....	14
Figura 3 - Balança Comercial de Lácteos brasileira - 2011 a 2015.....	16
Figura 4 - Evolução da produção de queijos no Brasil (em mil toneladas)*.....	22
Figura 5 - Características das operações de separação por membranas	29
Figura 6 - Processos alternativos de beneficiamento do soro de leite.....	31
Figura 7 - Fluxograma de classificação de uma pesquisa	36
Figura 8 - Mapa do Estado de Minas Gerais dividido em mesorregiões. Destaque para Zona da Mata e Campo das Vertentes	37
Figura 9 - Diagrama do processo para a produção de 40DWP	39
Figura 10 - Mapa da região de estudo com a localização de todos os municípios considerados no modelo	42
Figura 11 - Menu principal do modelo com botões agrupados por função.....	43
Figura 12 - Porcentagem de laticínios por tipo de Serviço de Inspeção.	46
Figura 13 - Porcentagem de laticínios participantes da pesquisa segundo a capacidade de processamento de leite (litros/dia).....	47
Figura 14 - Porcentagem de laticínios que realizam análises de qualidade no leite.....	48
Figura 15 - Relação de laticínios por volume produzido de soro (litros/dia).....	49
Figura 16 - Porcentagem dos laticínios em relação aos tipos de queijos que mais produzem	50
Figura 17 - Realização de análises no soro de leite.....	52
Figura 18 - Porcentagem de empresas em relação aos principais tipos de análises realizadas no soro de leite.....	53
Figura 19 - Porcentagem de laticínios que realizam armazenamento do soro e como é armazenado.....	54
Figura 20 - Porcentagem de laticínios segundo a principal destinação dada ao soro de leite.	56
Figura 21 - Laticínios com predisposição a vender soro de leite e a associar-se com outros .	58
Figura 22 - Configuração da rede logística para o cenário base com investimento total de R\$ 55.000.000,00	60
Figura 23 - Configuração da rede logística com investimento total de R\$ 57.500.000,00 e R\$ 60.000.000,00	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Método para implementação da logística reversa do soro de leite, suas ações e o fundamento teórico de cada etapa	7
--	---

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da produção anual de leite no Brasil (em milhões de litros), por região, no período de 2010 a 2014.	8
Tabela 2 - Participação da produção de leite no Brasil, segundo as Grandes Regiões no período de 2010 a 2014.	9
Tabela 3 - 10 maiores estados produtores de leite do Brasil (em milhões de litros) em 2014.	10
Tabela 4 - Os 10 Municípios brasileiros com a maior produção de leite (em mil litros) em 2014.	11
Tabela 5 - Produção de leite (em milhões de litros) em 2014 das Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.....	12
Tabela 6 - Ranking dos principais produtos lácteos exportados pelo Brasil em 2015	17
Tabela 7 - Ranking dos principais produtos lácteos importados pelo Brasil em 2015.....	18
Tabela 8 - Balança comercial de soro de leite (US\$ mil) no período de 2011 a 2015	18
Tabela 9 - Composição típica de soro doce e ácido	20
Tabela 10 - Características físico-químicas do soro de leite doce e ácido	21
Tabela 11 - Comparativo de resultados para diversos parâmetros de instalação com e sem recuperação de soro	25
Tabela 12 - Volume de soro de leite (m ³ /dia) por municípios considerados no modelo.....	40
Tabela 13 - Municípios pré-selecionados como candidatos a receber unidades de pré-concentração e de secagem de soro.	41
Tabela 14 - Classificação do porte dos laticínios participantes da pesquisa pelo critério de número de empregados.....	47
Tabela 15 - Porcentagem dos laticínios por tipo de coagulação utilizada para obtenção dos principais queijos.....	51
Tabela 16 - Parâmetros utilizados no modelo para o cálculo do cenário base.	59
Tabela 17 - Retorno do investimento em anos em função do custo de transporte e do preço de venda do soro de leite pré-concentrado.	63

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABIQ	Associação Brasileira das Indústrias de Queijo
CBT	Contagem Bacteriana Total
CCS	Contagem de Células Somáticas
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CMT	Califórnia Mastite <i>Teste</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
GO	Goiás
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILCT	Instituto de Laticínios Cândido Tostes
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MF	Microfiltração
MG	Minas Gerais
MPEs	Micro e Pequenas Empresas
NF	Nanofiltração
N/R	Não Responderam
OR	Osmose Reversa
PR	Paraná
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
P.O.	Pesquisa Operacional (P.O.)
PSM	Processo de Separação por Membranas
SC	Sem Classificação
Sebrae	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIE	Serviço de Inspeção Estadual
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SIM	Serviço de Inspeção Municipal
Sinduscon-MG	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais
ST	Sólidos Totais (ST)
UF	Ultrafiltração
UFV	Universidade Federal de Viçosa
Var.	Variação
VBP	Valor Bruto da Produção Agropecuária
WPC	<i>Whey protein concentrate</i>
WPI	<i>Whey protein isolate</i>
40DWP	Soro de leite parcialmente desmineralizado em pó 40%

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo geral.....	3
2.2	Objetivos específicos.....	3
3	REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1	Aspectos da cadeia láctea em Minas Gerais e no Brasil	4
3.1.1	Produção de leite	8
3.1.2	Produção de leite nas mesorregiões da Zona da Mata e Campo das Vertentes.....	12
3.1.3	Mercado de lácteos no Brasil e em Minas Gerais	13
3.2	Soro de leite.....	19
3.2.1	Tipos de soro de leite	20
3.2.2	Produção de soro de leite	21
3.2.3	Poder poluente do soro e alternativas para o seu aproveitamento.....	23
3.2.4	Qualidade do soro de leite.....	26
3.2.5	Principais processos utilizados no processamento do soro de leite.....	28
3.2.6	Processo de produção do soro de leite em pó.....	30
3.3	Decisões de localização das instalações.....	32
3.3.1	Otimização da logística do soro de leite.....	33
4	METODOLOGIA	36
4.1	Modelo de otimização logística.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	Diagnóstico da produção e do aproveitamento do soro de leite.....	45
5.1.1	Dados das empresas	45
5.1.2	Dados de captação de leite	47
5.1.3	Dados do soro de leite	49
5.1.4	Transporte do soro de leite.....	57
5.1.5	Informações complementares.....	58
5.2	Modelo de otimização logística.....	58
5.2.1	Cenário base	59
5.2.2	Cenários com a mudança do investimento total em relação ao cenário base	61
5.2.3	Cenários com a mudança do custo de transporte em relação ao cenário base.....	63
6	CONCLUSÕES	64
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	66
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
8	ANEXOS	76
	Anexo A - Diagnóstico da produção e do aproveitamento do soro de leite.....	76

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio do leite possui posição de destaque na economia brasileira, estando presente em todos os estados da federação, exercendo papel importante no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população. O Estado de Minas Gerais (MG) é o maior produtor de leite do Brasil, destacando-se também na produção de derivados lácteos, com o maior número de indústrias de laticínios do país.

O soro de leite é um coproduto da indústria de laticínios que representa cerca de 90% do volume do leite usado para transformação em queijo e retém cerca de 55% dos seus nutrientes. No passado, o soro de leite não era aproveitado, ou então era utilizado para alimentação animal ou para confecção de poucos produtos como ricota. Porém, com o conhecimento da qualidade nutricional de seus componentes (proteínas, lactose, etc.) e o desenvolvimento de técnicas de fracionamento, o soro passou a ser considerado um ingrediente de grande valor para a indústria alimentícia e farmacêutica, podendo ser aproveitado para obtenção de diversos produtos, tais como: bebidas lácteas, soro em pó, isolados e concentrados proteicos, lactose, entre outros.

Apesar do elevado volume de soro de leite produzido anualmente no Brasil, a balança comercial de soro de leite apresentou déficit no período de 2011 a 2015, principalmente devido ao alto volume importado pelo país. Esses dados indicam a existência de um mercado atrativo para a utilização do soro de leite, tendo em vista simplesmente a questão da substituição da importação.

No Brasil, assim como no estado de Minas Gerais, poucas informações sobre localização e disponibilidade de soro de leite estão disponíveis, pois grande parte do soro gerado é originário de pequenas queijarias, para as quais se torna difícil o investimento em tecnologia necessária para o processamento deste coproduto. Assim, muitas queijarias ainda consideram o soro de leite como um efluente, o qual, sem o devido tratamento, causa sérios problemas ambientais devido a sua elevada carga orgânica. Isto não é só um crime previsto por lei, mas representa também o desperdício de um alimento que possui alta qualidade nutricional.

Nesse contexto, o desenvolvimento de alternativas para um adequado aproveitamento do soro de leite é considerado de fundamental importância para a indústria láctea, em razão da sua qualidade nutricional, do seu volume produzido e de seu potencial poluidor. Desta forma,

ao mesmo tempo em que a transformação do soro em produtos diversos reduz os custos com tratamento de efluentes, através da minimização do volume de efluentes e da carga poluidora, ainda possibilita minimizar o problema ambiental causado pelo descarte do soro sem um tratamento eficiente.

Porém, a utilização do soro depende, muitas vezes, da implantação de unidades de beneficiamento, o que exige a determinação da localização ótima ao longo da rede logística que minimiza os custos de obtenção do soro para processamento, assim como a viabilidade técnica e econômica dos empreendimentos.

Desta forma, o presente trabalho busca contribuir para o melhor aproveitamento do soro de leite na cadeia agroindustrial do leite, através de um estudo de localização para otimizar a rede logística de soro nas mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes no estado de Minas Gerais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Otimizar a rede logística de soro de leite nas mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes no Estado de Minas Gerais, considerando as unidades de secagem de soro de leite já existentes com capacidade ociosa.

2.2 Objetivos específicos

- a) Localizar as indústrias que possuem produção e/ou processamento de soro de leite;
- b) Sugerir locais para instalação de indústrias que minimizem os custos de obtenção do soro cru e/ou pré-concentrado para o processamento;
- c) Explorar configurações viáveis para a rede logística;
- d) Diagnosticar a produção e o aproveitamento de soro de leite.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos da cadeia láctea em Minas Gerais e no Brasil

A cadeia produtiva do leite é caracterizada como uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, presente em todas as regiões do país, exercendo papel importante no fornecimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população.

De acordo com Pedra et al. (2008), a maneira mais utilizada para a sistematização e também a mais simples é a divisão da cadeia produtiva nos seguintes segmentos: 1) “antes da porteira”, que compreende os insumos agropecuários, maquinário, água, energia, adubos, fertilizantes, melhoramento genético, entre outros; 2) “segmentos dentro da porteira”, que no caso da pecuária leiteira, refere-se à produção de leite; e 3) “segmentos depois da porteira”, que são os canais de processamento e comercialização do produto, seus agentes comerciais e a formação de preços.

A visão ampla do sistema agroindustrial do leite possibilita, através da análise dos relacionamentos entre os atores, o reconhecimento de pontos críticos na coordenação desse sistema produtivo e adiante, a formulação de ações coletivas que possam beneficiar o sistema como um todo (MILINSKI et al., 2008).

O destino do leite após a sua captação é a agroindústria, ou seja, unidade empresarial onde ocorre as etapas de beneficiamento, processamento e transformação de produtos *in natura* até a embalagem, prontos para a comercialização (ARAÚJO, 2007). A agroindústria de lácteos é encarregada pela produção de derivados lácteos obtendo-se, assim, produtos diversos, tais como: leite pasteurizado, esterilizado e em pó, queijos, ricota, manteiga, iogurte, creme de leite, requeijão, doce de leite, bebidas lácteas e outros.

As agroindústrias brasileiras de produtos lácteos, sobretudo as do Estado de Minas Gerais, enfrentam o desafio de crescer de modo competitivo e sustentável, para conquistar e manter espaços no mercado externo; e atender a demanda interna, fornecendo processos e produtos de qualidade, com sustentabilidade e a preços competitivos (PEREIRA et al., 2009).

O parque industrial do Estado de Minas Gerais é muito heterogêneo, com realidades bem diversas. Em um extremo, localizam-se as maiores e mais modernas empresas do país que utilizam tecnologias avançadas em toda a cadeia produtiva, têm escala de produção, produtos de alta qualidade, recursos humanos e preços competitivos (ABRANTES, 2008). São empresas que processam produtos de maior valor agregado, tais como: leites

fermentados, esterilizados, condensados, em pó, evaporados, sorvetes, queijos finos e sobremesas (ABRANTES, 2008).

No outro extremo, localizam-se as empresas de pequeno porte, desprovidas de condições básicas de industrialização e de competitividade, com reduzidas capacidades produtivas e produtos de qualidade duvidosa e sem padronização (ABRANTES, 2008). São empresas que atuam com produtos menos sofisticados como: queijos tradicionais, leite pasteurizado tipo C, manteiga e doce de leite. Utilizam técnicas ultrapassadas, são pouco diversificadas, carecem de recursos humanos e enfrentam dificuldades para colocar seus produtos no mercado (ABRANTES, 2008).

A agroindústria de produtos lácteos possui grande representatividade na economia do Estado de Minas Gerais sendo que, de cerca de 5 mil laticínios existentes no Brasil, 50% deles estão localizados nesse Estado, dos quais 20% correspondem a médias e grandes empresas e 80% a micro e pequenas empresas, que em sua maioria não realizam o tratamento de água residuais (PEREIRA et al., 2009).

Conforme os mesmos autores, um dos principais problemas ambientais causados pelos laticínios está relacionado ao destino da parcela de soro de leite não aproveitada, quando lançada diretamente nos cursos d'água (PEREIRA et al., 2009).

A Figura 1 mostra uma sugestão de Nunes et al. (2015) para as cadeias produtivas de queijo e de soro de leite, objeto deste estudo, destacando a produção de soro de leite oriunda do canal de reciclagem e da prática de logística reversa.

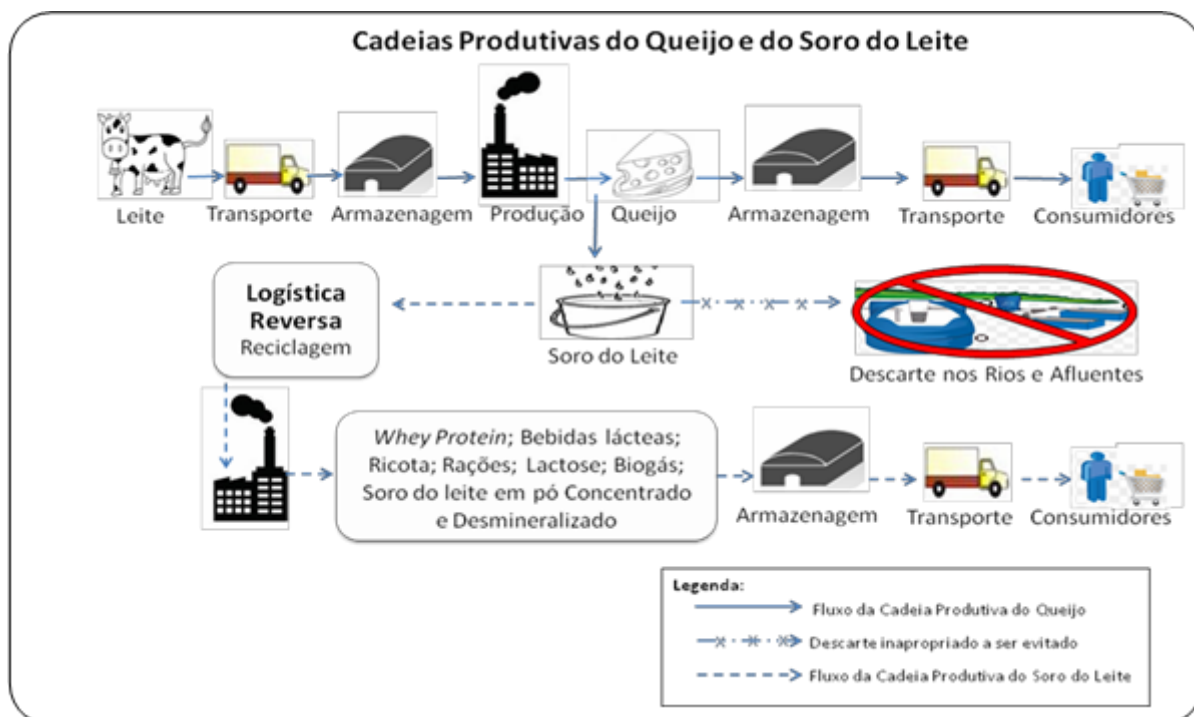


Figura 1 - Cadeias produtivas do queijo e do soro de leite.

Fonte: Elaborada por Nunes et al. (2015) a partir de Ballou (2010) e Nunes et al. (2014).

Segundo a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a logística reversa pode ser definida como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010).

Para Nunes et al. (2015), esse conceito de logística reversa se encaixa absolutamente na resolução do problema do soro de leite *versus* meio ambiente.

O soro de leite pode ser processado para a obtenção de novos produtos, por exemplo: bebidas lácteas; ricota; rações; lactose; biogás; *whey protein*; soro de leite em pó, concentrado e desmineralizado (NUNES et al., 2014).

Apesar das várias possibilidades de utilização, no Brasil e no Estado de Minas Gerais, grande parte do soro de leite gerado é originário de pequenas e médias queijarias, nas quais se torna difícil o investimento em tecnologia necessária para o processamento deste coproduto (ALVES et al., 2014). Assim, muitas queijarias descartam o soro de leite como efluente sem o devido tratamento, causando sérios problemas de poluição ambiental, afetando as estruturas

físicas e químicas do solo, diminuindo os rendimentos agrícolas e, quando lançado em corpos d'água, reduzindo a vida aquática, pois esgota o oxigênio dissolvido (PANESAR et al., 2007).

Para esse problema, Nunes et al. (2014) identificaram a necessidade da gestão do reaproveitamento do soro de leite, por meio do planejamento da logística reversa através de um canal de reciclagem.

O Quadro 1 apresenta o método compilado para implementação da logística reversa do soro de leite, suas ações e o fundamento teórico de cada etapa.

Quadro 1 - Método para implementação da logística reversa do soro de leite, suas ações e o fundamento teórico de cada etapa.

ETAPAS	AÇÕES			TEORIA
1 - OS PRODUTORES	Definir a área da região de interesse	Definir a localização e quantidade de produtores de soro de leite.	Calcular a quantidade de produção do resíduo soro de leite na região.	Corrêa e Corrêa (2012)
2 - O MERCADO	Realizar a pesquisa de mercado.	Escolher o produto oriundo da reciclagem (<i>whey protein</i> , ração, bebida láctea, etc.)	Estimar o público-alvo (mercados, escolas, etc.) através de uma previsão de demanda.	Fernandes e Godinho (2010)
3 - A LOGÍSTICA DE SUPRIMENTOS	Definir a política de gerenciamento de coleta entre os fornecedores de soro.	Estabelecer o sistema de armazenagem, transporte e embalagem do soro.	Estimar a roteirização de transporte do soro ao ponto de armazenagem.	Ballou (2010)
4 - A LOGÍSTICA DE PRODUÇÃO	Desenvolver um Plano de Produção-Nível Estratégico	Desenvolver as decisões estruturais.	Desenvolver as decisões infraestruturais.	Tubino (2009)
5 - A LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO	Definir a política de gerenciamento de distribuição aos clientes	Determinar o sistema de armazenagem, transporte e embalagem do produto reciclado acabado.	Estimar a roteirização e transporte para distribuição do produto reciclado.	Ballou (2010)

Fonte: Adaptado de Nunes et al. (2014).

A aplicação deste planejamento de longo prazo para uma cadeia produtiva de soro de leite poderá trazer benefícios para a sociedade em termos de desenvolvimento socioeconômico, bem como colaborar com uma perspectiva sustentável para a preservação do meio ambiente e para o prolongamento da vida útil do leite e derivados (NUNES et al., 2014).

3.1.1 Produção de leite

Na Tabela 1 apresenta-se a evolução da produção brasileira de leite, por região, do ano de 2010 ao ano de 2014.

Tabela 1 - Evolução da produção anual de leite no Brasil (em milhões de litros), por região, no período de 2010 a 2014.

Produção de leite (em milhões de litros)						
Região	2010	2011	2012	2013	2014	Var. 2014/2013
Sul	9.611	10.226	10.736	11.774	12.201	3,6%
Sudeste	10.920	11.308	11.591	12.020	12.170	1,2%
Centro-Oeste	4.450	4.777	4.818	5.016	4.969	-0,9%
Nordeste	3.998	4.110	3.501	3.598	3.888	8,1%
Norte	1.737	1.675	1.658	1.846	1.946	5,4%
Brasil	30.716	32.096	32.304	34.254	35.174	2,7%

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do IBGE (2016b).

Ressalta-se o significativo aumento do volume anual produzido de leite no Brasil, como pode ser visto na Tabela 1, com crescimento de 14,5% no período de 2010 a 2014. Segundo Tôrres Filho et al. (2014), os aumentos do rebanho ordenhado brasileiro e da produtividade nos últimos anos contribuíram com esse crescimento.

A produtividade média nacional de leite foi de aproximadamente 1.525 litros/vaca/ano, em 2014, representando um aumento de 2,2% em relação ao registrado em 2013 (1.492 litros/vaca/ano) (IBGE, 2014). Em 1980, a produção média era de 676 litros/vaca/ano passando para 1.525 litros/vaca/ano em 2014, um crescimento de 125,6% (IBGE, 2016b). Apesar do significativo aumento, no Brasil a produtividade ainda é muito baixa em comparação aos Estados Unidos, um grande produtor mundial de leite, que chega a produzir em média 9.590 litros/vaca/ano (TÔRRES FILHO et al., 2014). A Região Sul apresentou a maior produtividade do país, com um aumento de 4,3% em 2014 (2.789 litros/vaca/ano), em comparação ao ano anterior (IBGE, 2014). Os Estados com maiores produtividades foram os do Sul do país, sendo em primeiro lugar o Estado do Rio Grande do Sul com 3.031 litros/vaca/ano, seguido pelos Estados de Santa Catarina 2.694 litros/vaca/ano e Paraná 2.629 litros/vaca/ano (IBGE, 2014).

Em 2014, o Brasil produziu mais de 35 bilhões de litros de leite, representando um aumento de 2,7% em relação ao ano anterior (Tabela 1). Segundo o IBGE (2014), em 2014, o Brasil ocupou a quinta posição no ranking mundial de produção de leite, ficando atrás somente da União Europeia, Índia, Estados Unidos e China. Segundo SILVA (2015), o ano de 2014 no Brasil foi de crescimento da produção de lácteos e de mercado firme, contudo houve desaceleração do consumo devido a questões de ordem econômica do país, tais como baixo crescimento do PIB e desvalorização do dólar em relação ao real.

As regiões Sul e Sudeste concentram a maior parte da produção, com volume estimado de 24,371 bilhões de litros, que representa 70% do volume total (Tabela 1).

Dentre as regiões, a Sul foi a que mais cresceu, tal crescimento coloca a região no ano de 2014 como a principal produtora de leite do país com 34,7%, enquanto a região sudeste aparece em segundo com 34,6% do total (Tabela 2).

Tabela 2 - Participação da produção de leite no Brasil, segundo as Grandes Regiões no período de 2010 a 2014.

Participação da produção de leite (%)					
Região	2010	2011	2012	2013	2014
Sul	31,3	31,9	33,2	34,4	34,7
Sudeste	35,6	35,2	35,9	35,1	34,6
Centro-Oeste	14,5	14,9	14,9	14,6	14,1
Nordeste	13,0	12,8	10,8	10,5	11,1
Norte	5,7	5,2	5,1	5,4	5,5

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do IBGE (2016b)

Na Tabela 3 apresenta-se a produção anual de leite (milhões de litros) em 2014, dos 10 maiores estados brasileiros produtores de leite.

Tabela 3 - 10 maiores estados produtores de leite do Brasil (em milhões de litros) em 2014.

Ano de 2014			
Ranking	Unidade da Federação	Volume (em milhões de litros)	(%)
1	Minas Gerais	9.367	26,63
2	Rio Grande do Sul	4.685	13,32
3	Paraná	4.533	12,89
4	Goiás	3.684	10,47
5	Santa Catarina	2.983	8,48
6	São Paulo	1.777	5,05
7	Bahia	1.212	3,45
8	Rondônia	941	2,68
9	Mato Grosso	721	2,05
10	Pernambuco	657	1,87

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do IBGE (2016b).

Como podemos observar na Tabela 3, o Brasil possui uma grande heterogeneidade produtiva que é distribuída por todas as regiões.

A produção de leite está presente em todos os estados brasileiros, sendo que o Estado de Minas Gerais (MG) é o maior produtor de leite do país, com 26,63% da produção nacional em 2014, seguido pelos Estados do Rio Grande do Sul (13,32%), Paraná (12,82%) e Goiás (10,47%).

O destaque do Estado de MG é devido a sua tradição na produção leiteira, a grande quantidade de animais de genética apurada, as boas condições climáticas e de nutrição dos rebanhos, além do grande uso de tecnologias na produção (MEZZADRI, 2014).

Os Estados da Região Sul (Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina), também são destaques na produção leiteira brasileira, sendo que juntos os três estados produziram 12,2 bilhões de litros de leite, que representam 34,69% do volume total (Tabela 3). Segundo Mezzadri (2014), esses estados possuem alguns pontos favoráveis, tais como: clima ameno, pastagens de qualidade, produção agrícola em larga escala, produtores capacitados, animais de genética de ponta, povos que trazem em sua cultura experiência na criação de gado de leite, programas do governo de apoio a atividade, entre outros.

Por outro lado, os Estados do Norte e Nordeste têm pouca tradição na criação de gado de leite, onde esta atividade tem pouca representatividade. O clima quente presentes nestes estados dificulta a criação de raças leiteiras mais produtivas, assim são criadas raças mistas que em geral possuem uma menor produtividade (MEZZADRI, 2014). Segundo o mesmo autor, outras razões são a deficiência natural nas pastagens destas regiões, dificuldades climáticas e solos mais pobres, onde a implantação de pastagens de qualidade superior possuem custos muito elevados. Por fim, acrescenta-se a suplementação alimentar do gado leiteiro, que se torna muitas vezes onerosa nestes estados pela dificuldade de se produzir alimentos (MEZZADRI, 2014).

Em relação aos Municípios brasileiros com as maiores produções de leite em 2014, a primeira posição ficou com Castro (PR), seguida pelos Municípios de Piracanjuba (GO) e Patos de Minas (MG), como pode ser visto na Tabela 4. A destacar que entre os 10 maiores Municípios brasileiros produtores de leite, cinco são do Estado de Minas Gerais (Patos de Minas, Patrocínio, Coromandel, Ibiá e Unaí).

Tabela 4 - Os 10 Municípios brasileiros com a maior produção de leite (em mil litros) em 2014.

Ranking	Município	Volume (em mil litros)
1	Castro – PR	239.000
2	Piracanjuba – GO	154.800
3	Patos de Minas – MG	148.757
4	Jataí – GO	144.700
5	Carambeí – PR	130.000
6	Patrocínio – MG	128.000
7	Coromandel – MG	119.814
8	Ibiá – MG	119.153
9	Marechal Cândido Rondon – PR	112.857
10	Unaí – MG	112.000

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do IBGE (2016b).

Analisando o Estado de Minas Gerais através da sua divisão em 12 mesorregiões (Tabela 5), o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba foi a maior produtora de leite em 2014, com aproximadamente 2,4 bilhões de litros (25,89%), seguida pelo Sul/Sudoeste de Minas com 1,5 bilhões de litros (15,81%) e pela Central Mineira com 849 milhões de litros (9,06%).

Tabela 5 - Produção de leite (em milhões de litros) em 2014 das Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.

Ranking	Mesorregiões de Minas Gerais	Volume (milhões de litros)	(%)
1	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	2.425	25,89
2	Sul/Sudoeste de Minas	1.481	15,81
3	Central Mineira	849	9,06
4	Vale do Rio Doce	810	8,65
5	Zona da Mata	778	8,31
6	Oeste de Minas	749	8,00
7	Metropolitana de Belo Horizonte	653	6,97
8	Noroeste de Minas	523	5,58
9	Campo das Vertentes	377	4,03
10	Norte de Minas	358	3,82
11	Vale do Mucuri	201	2,15
12	Jequitinhonha	162	1,73
Total Minas Gerais		9.366	100,00%

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do IBGE (2016b).

3.1.2 Produção de leite nas mesorregiões da Zona da Mata e Campo das Vertentes

A produção de leite é a principal atividade econômica das mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes, com um importante papel na produção leiteira do estado de Minas Gerais. A quinta maior, Zona da Mata, totaliza 8,31% da produção mineira, enquanto a nona maior, Campo das Vertentes, responde por 4,03%, sendo que juntas produzem o equivalente a 12,34% da produção total do estado (Tabela 5).

A mesorregião da Zona da Mata é formada por 142 municípios agrupados em sete microrregiões (Ponte Nova, Manhuaçu, Viçosa, Muriaé, Ubá, Juiz de Fora e Cataguases) e a mesorregião do Campo das Vertentes é formada por 36 municípios agrupados em três microrregiões (São João Del Rei, Lavras e Barbacena) (POLO DE EXCELÊNCIA DO LEITE E DERIVADOS, 2010).

Na mesorregião Campo das Vertentes, o destaque na produção de leite é a microrregião de São João Del Rei com 47,4% do total, seguida de Lavras com 27,1% e de Barbacena com 25,5% (IBGE, 2016b). Na Zona da Mata, as microrregiões com maiores

destaques na produção de leite são Juiz de Fora com 27,9%, Muriaé com 16,5% e Cataguases com 16,2% (IBGE, 2016b).

As mesorregiões em estudos caracterizam-se não só como importantes bacias de leite, mas também como polos industriais de processamento de leite, com predominância de pequenos e médios laticínios (POLO DE EXCELÊNCIA DO LEITE E DERIVADOS, 2010).

Na mesorregião da Zona da Mata localizam-se tradicionais centros de pesquisas em produção de leite, tais como: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Gado de Leite), a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Instituto de Laticínios Cândido Tostes (ILCT) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) (SILVA e SILVA, 2013).

3.1.3 Mercado de lácteos no Brasil e em Minas Gerais

O ano de 2015 não foi fácil para a economia do Brasil, que fechou com retração de 3,8% no PIB e, entre os setores econômicos, apenas a agropecuária cresceu 1,8% (CEPEA, 2016b). As taxas de juros elevadas, a pressão inflacionária e o desemprego crescente prejudicaram o poder de compra dos consumidores e os investimentos, acrescentando-se a isso a acentuada instabilidade política e a severa crise fiscal que se estendeu durante todo o ano (CEPEA, 2016b).

Em 2015, o Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) foi de R\$ 498,5 bilhões, desse valor R\$ 321 bilhões (64,4%) referem-se a lavouras e R\$ 177,5 bilhões são de produtos pecuários (35,6%) (BRASIL, 2016a). O leite possui posição de destaque na pecuária, com o valor de produção de R\$ 27,8 bilhões, atrás apenas da carne bovina R\$ 73,8 bilhões e da carne de frango R\$ 49,8 bilhões (BRASIL, 2016a).

Segundo o SISTEMA FAEMG (2016), o Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) do Estado de Minas Gerais em 2015 foi de aproximadamente R\$ 53,6 bilhões, valor 0,5% superior ao registrado no ano anterior, quando alcançou R\$ 53,3 bilhões. Os produtos agrícolas representaram aproximadamente 57,5%, e puxaram a evolução com aumento de 6,4% ao observado no ano anterior. Já a pecuária, que representa 42,5%, acumulou queda de 6,5%. O leite possui posição de destaque no VBP do estado, com 18,43%, atrás apenas do café com 21,47%, porém a produção de leite foi avaliada em cerca de R\$ 9,9 bilhões em 2015, resultado 12,4% inferior ao registrado em 2014.

Na Figura 2 pode ser visualizada a aquisição de leite no Brasil no período de 2006 a 2015. Observa-se que a aquisição de leite manteve-se continuamente crescente, até em 2015 registrar a primeira queda no período.

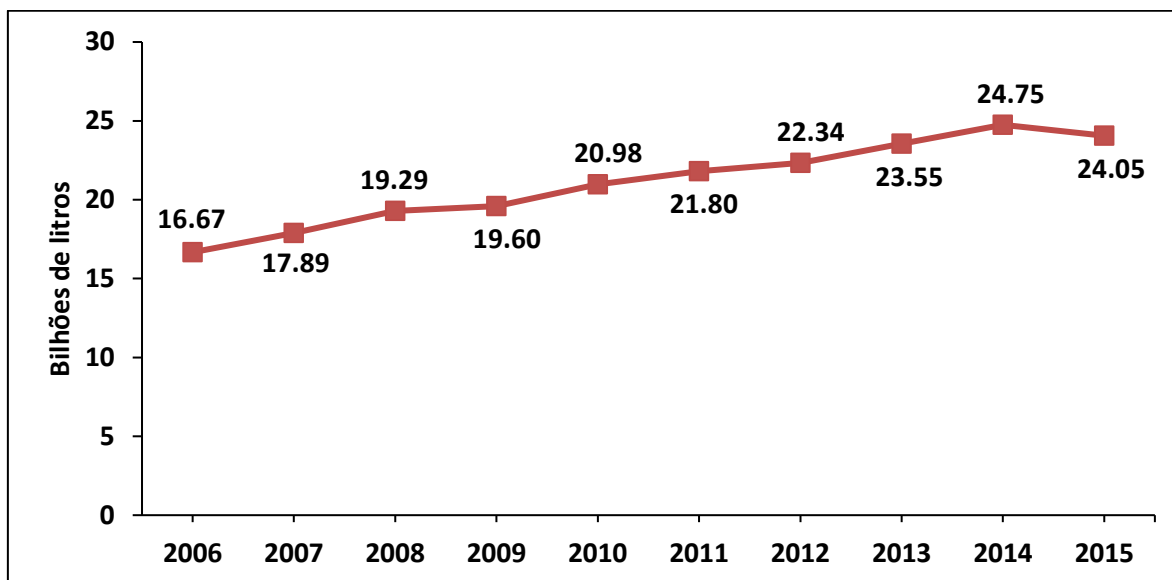


Figura 2 - Aquisição anual de leite no Brasil de 2006 a 2015.

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do IBGE (2016a).

A aquisição de leite no Brasil no ano de 2015 foi de 24,05 bilhões de litros, valor 2,8% inferior ao registrado no ano anterior (Figura 2). Segundo o IBGE (2016a), no ano de 2015, do total de leite adquirido, 92,4% teve origem de estabelecimentos sob inspeção federal, 6,9% estadual e 0,7% municipal. Minas Gerais foi o Estado que mais adquiriu leite, sendo responsável por 26,8% do total, seguido pelo Estado do Rio Grande do Sul, com 14,5%. Em relação ao desempenho dos Estados em 2015 em comparação com o ano de 2014, observa-se que a queda de aquisição de leite foi generalizada, acontecendo em quase todo o país. Somente os Estados de Pernambuco (6,1%), Rio de Janeiro (5,5%), São Paulo (3,3%), Rio Grande do Sul (1,7%) e Santa Catarina (0,4%) aumentaram a aquisição de leite.

De acordo com o CEPEA (2016a), o preço médio líquido do leite recebido pelo produtor em 2015 foi de R\$ 0,9529, o menor valor alcançado desde 2010. Os pesquisadores do CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) ressaltaram que em 2015 a desvalorização do real frente ao dólar favoreceu os mercados do milho, soja, açúcar, algodão e do boi gordo, entre outros, porém a pecuária de leite foi marcada por um ano difícil. Os produtores enfrentaram preços mais baixos do que os registrados em anos anteriores associados a aumentos constantes de custos de produção; para as indústrias, o desafio foi

fechar as contas em um cenário de queda da renda nacional e vendas de derivados lácteos bem menores ao previsto. Ainda, associa-se a isto algumas ocorrências que dificultaram a obtenção de resultados positivos em 2015, tais como: o excesso de chuvas no Sul do país, o atraso das chuvas em parte do Sudeste e Centro-Oeste, a queda nas margens aos produtores, a menor demanda pelos derivados lácteos e o aumento da concorrência ente indústrias por produtores em algumas regiões.

Com relação ao mercado externo, o Brasil sempre foi um tradicional importador de lácteos vivenciando períodos de superávit na balança comercial, sendo o ano de 2008 o último nessa conjuntura (BRASIL, 2014). A partir desse ano a balança passou a ser negativa, devido ao aumento do consumo interno, da crise econômica ocorrida em 2008 e da valorização do Real. Outro aspecto considerável é a qualidade do produto lácteo brasileiro que o impede de atingir mercados mais exigentes.

Em 2015, a balança comercial de produtos lácteos do Brasil fechou com déficit de US\$ 100,0 milhões, e em comparação com o ano anterior houve uma queda de 2,6, como mostra a Figura 3. Este cenário é resultado da diminuição de 6,4% do valor de lácteos importados, em 2015, em comparação com o ano anterior, ao mesmo tempo em que as exportações registraram recuo de 7,6%, após aumentar 195,2% do ano de 2013 para 2014. Segundo Mezzadri (2014), o fato que impulsionou a maior exportação, em 2014, foi a boa produção interna, aliada a alta da tonelada dos lácteos no mercado externo devido à valorização do dólar frente ao real. Por outro lado, o maior déficit foi em 2012, com US\$ 513,8 milhões de lácteos importados.

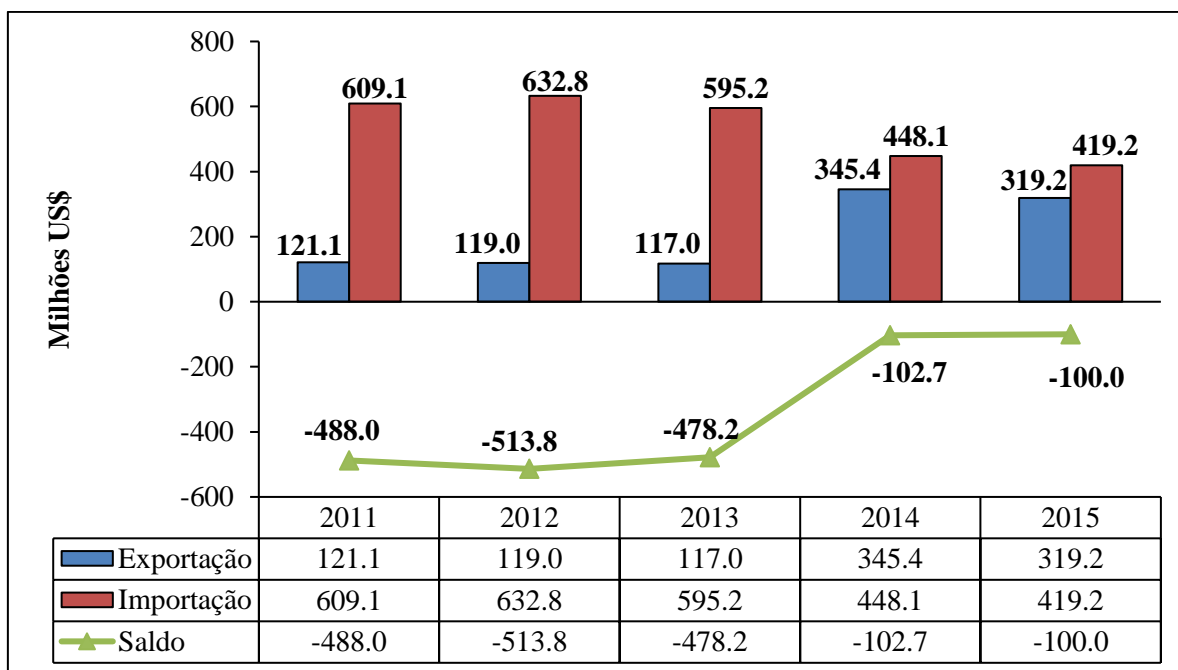


Figura 3 - Balança Comercial de Látexos brasileira - 2011 a 2015.

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados de BRASIL (2016b).

Em primeiro lugar no ranking dos principais produtos brasileiros exportados em 2015, retratado pela Tabela 6, as vendas de leite em pó aumentaram 11,90% em comparação com 2014, e representaram 74,18% das exportações de látexos em 2015. Na sequência, destacam-se os embarques de leite condensado, que caíram 35,70% e responderam por 12,92% do total das exportações. Os principais destinos das exportações brasileiras de látexos foram a Venezuela com 74,7%, a Arábia Saudita 4% e a Angola 3,4% (AMARAL, 2016).

Tabela 6 - Ranking dos principais produtos lácteos exportados pelo Brasil em 2015.

Ranking	Produto	US\$ mil	(%)	Varição anual (%)
1°	Leite em Pó	236.763,60	74,18	11,90
2°	Leite Condensado	41.234,00	12,92	-35,70
3°	Leite Modificado	13.445,70	4,21	5,60
4°	Creme de Leite	13.010,70	4,08	-27,80
5°	Queijos	10.795,80	3,38	-19,30
6°	Manteiga	2.473,60	0,77	-84,60
7°	Leitelho	1.012,90	0,32	-59,40
8°	Doce de Leite	219,60	0,07	-8,00
9°	Outros produtos lácteos	79,80	0,03	257,30
10°	Leite Fluido	54,30	0,02	13,90
11°	Iogurte	51,60	0,02	-35,00
12°	Soro de Leite	44,70	0,01	-63,40
13°	Demais gorduras lácteas	0,00	0,00	-
Total		319.186,30	100,00	-7,60

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados de BRASIL (2016b).

A Tabela 7 apresenta o ranking dos principais produtos lácteos importados pelo Brasil em 2015. As compras de leite pó cresceram 8,90% em comparação com 2014 e aparecem em primeiro lugar, representando 61,72% das importações de lácteos em 2015. Em segundo lugar, ressaltam-se as aquisições de queijos, que reduziram 17,40% e responderam por 22,82% do total e, em terceiro lugar, o soro de leite, que recuou 42,30% e representou 6,42% do volume total comprado. Esses três produtos responderam por aproximadamente 91% das importações brasileiras, que incluíram também o leite modificado, outros produtos lácteos, manteigas, demais gorduras lácteas, doce de leite, leitelho, leite fluido, iogurte, creme de leite e leite condensado. Os principais países fornecedores de lácteos ao Brasil em 2015 foram a Argentina, com 42,1% do total, na sequência aparece o Uruguai, com 41,6% do total (AMARAL, 2016).

Tabela 7 - Ranking dos principais produtos lácteos importados pelo Brasil em 2015.

Ranking	Produto	US\$ mil	(%)	Variação anual (%)
1º	Leite em Pó	258.787,90	61,72	8,90%
2º	Queijos	95.679,60	22,82	-17,40%
3º	Soro de Leite	26.914,50	6,42	-42,30%
4º	Leite Modificado	14.454,30	3,45	111,10%
5º	Outros produtos lácteos	12.023,00	2,87	-60,90%
6º	Manteiga	4.479,60	1,07	-0,10%
7º	Demais gorduras lácteas	3.069,40	0,73	6.476,60%
8º	Doce de Leite	2.679,30	0,64	3,20%
9º	Leitelho	668,8	0,16	-0,50%
10º	Leite Fluido	452	0,11	-81,50%
11º	Iogurte	45	0,01	-
12º	Creme de Leite	7,8	0,00	-74,10%
13º	Leite Condensado	5,7	0,00	-
Total		419.267	100,00	-6,40%

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados de BRASIL (2016b).

Em relação à balança comercial de soro de leite, retratado na Tabela 8, o Brasil sempre foi um tradicional importador, não experimentando períodos de superávit de 2011 a 2015. As exportações pouco contribuíram para o cômputo geral da balança comercial de soro de leite, que apresentou déficit no período de 2011 a 2015. Esses números indicam a existência de um mercado atrativo para a utilização do soro de leite.

Tabela 8 - Balança comercial de soro de leite (US\$ mil) no período de 2011 a 2015.

Ano	Exportação	Importação	Saldo
2011	38,3	40.118,6	-40.080,3
2012	55,4	46.783,2	-46.727,8
2013	75,7	37.485,5	-37.409,8
2014	122,1	46.685,9	-46.563,8
2015	44,7	26.914,5	-26.869,8

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados de BRASIL (2016b).

Em último lugar no Ranking dos principais produtos brasileiros exportados em 2015, conforme a Tabela 6, as vendas de soro de leite reduziram 63,40% em comparação com 2014

e representaram apenas 0,01% do total das exportações de lácteos em 2015, com US\$ 44,70 mil. De acordo com a Tabela 7, as compras de soro de leite diminuíram 42,30% em comparação com 2014 e este produto aparece em terceiro lugar, representando 6,42% das importações totais de lácteos em 2015, com US\$ 26,91 milhões, atrás apenas do leite em pó (61,72%) e de queijos (22,82%). Assim, a balança comercial brasileira de soro de leite fechou o ano de 2015 com um déficit de US\$ 26,86 milhões, e em comparação com o ano anterior houve uma queda de 42,29%, sendo o soro importado principalmente da Argentina (72,13%). Estes dados indicam uma oportunidade de investimentos no processamento de soro de leite no Brasil, que teria impacto direto na sua balança comercial. Segundo SILVA et al. (2013), existe a possibilidade de transformar um dos principais problemas ambientais da cadeia de produtos lácteos em uma oportunidade nacional, pois indústrias do setor alimentício e de suplementos alimentares fazem amplo uso do soro de leite e, para isso, têm que recorrer a compras no exterior.

3.2 Soro de leite

De acordo com a Portaria nº 53, de 10 de abril de 2013, que estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite, o soro de leite pode ser definido como: “Produto lácteo líquido extraído da coagulação do leite utilizado no processo de fabricação de queijos, caseína e produtos similares. Pode ser apresentado na forma líquida, concentrada ou em pó” (BRASIL, 2013).

Segundo Alves et al. (2014), o soro de leite é um coproduto da indústria de laticínios que representa a porção aquosa do leite que se separa do coágulo durante a fabricação de queijo ou da caseína. O soro de leite representa cerca de 85 a 90% do volume do leite usado para transformação em queijo e retém cerca de 55% dos seus nutrientes, entre eles: lactose (4,5-5% g/L), proteínas solúveis (0,6-0,8% g/L), lipídeos (0,4-0,5% g/L) e sais minerais (8-10% do extrato seco) (SISO, 1996).

A composição do soro de leite é, em média, 93% de água, 5% de lactose, 0,7 a 0,9% de proteínas, 0,3 a 0,5% de gordura, 0,2 de ácido láctico e pequenas quantidades de vitaminas (OLIVEIRA et al., 2012). As proteínas do soro de leite são reconhecidas como um valioso ingrediente alimentar com importantes propriedades nutricionais e funcionais (SINHA et., 2007). Segundo Cortez (2013), o valor nutricional do soro deve-se a aminoácidos essenciais, proteínas de alto valor do complexo β -lactoferrina, β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, glicomacropéptidos, imunoglobulinas, e minerais importantes, como o cálcio.

Dos componentes presentes no soro, as proteínas e a lactose são as mais importantes em termos de aplicação (GIROTO e PAWLOWSKY, 2001; NUNES e SANTOS, 2015). A lactose é muito usada como material energético para vários processos biotecnológicos, principalmente na indústria farmacêutica e também na indústria alimentícia, por ser um carboidrato de baixo poder adoçante (NUNES e SANTOS, 2015).

As proteínas do soro de leite, como ingredientes alimentícios, são conhecidas pela versatilidade de suas propriedades funcionais, principalmente pela capacidade de gelificação e elevada solubilidade (CAPITANI, 2005). Apresentam vários benefícios à saúde, tais como: a imunomodulação, o efeito antimicrobiano, antiviral, anticarcinogênico e protetor do sistema cardiovascular, atividade antiulcerativa e antioxidante (ZACARCHENCO et al., 2013). Dessa forma, pode fazer parte da composição de fórmulas infantis, suplementos para fins clínicos, dietas enterais, produtos para controle de peso e para nutrição de atletas (ZACARCHENCO et al., 2013).

3.2.1 Tipos de soro de leite

Sob o ponto de vista industrial, há dois tipos principais de soro de leite: soro doce e soro ácido, classificados de acordo com a sua acidez. O soro de leite ou soro doce é obtido quando a coagulação se produz principalmente por ação enzimática, apresentando pH entre 6,0 e 6,8, e o soro de leite ácido ou soro ácido é obtido quando a coagulação ocorre por acidificação, com pH inferior a 6,0 (BRASIL, 2013). Os tipos de soro obtidos pelos dois diferentes processos de coagulação apresentam composições diferentes, como pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição típica de soro doce e ácido.

Componentes	Soro doce (g/L)	Soro ácido (g/L)
Sólidos totais	63,0-70,0	63,0-70,0
Lactose	46,0-52,0	44,0-46,0
Proteína	6,0-10,0	6,0-8,0
Cálcio	0,4-0,6	1,2-1,6
Fosfato	1,0-3,0	2,0-4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloreto	1,1	1,1

Fonte: Adaptado de Kosseva et al. (2009).

A concentração de lactose é menor no soro ácido em relação ao soro doce, em razão do processo de fermentação na produção de soro ácido, em que uma fração da lactose é transformada em ácido láctico durante a formação do coalho (ROCHA, 2013; ALVES et al., 2014). Por outro lado, o soro ácido contém maior teor de cálcio e fósforo que o soro doce, associado à solubilização do complexo cálcio-fósforo existente nas micelas de caseína, em pH ácido (ROCHA, 2013; ALVES et al., 2014).

O soro ácido costuma ter mais cinzas e teor de proteína mais baixo que o soro doce, sendo seu uso mais limitado na alimentação devido ao sabor ácido e seu alto teor de sais (SISO et al., 1996).

No Brasil, a produção é constituída quase que exclusivamente de soro doce, oriundo da fabricação de queijos por coagulação enzimática (mussarella, prato, minas frescal, meia-cura e outros), que são os mais comercializados no país (CARVALHO et al., 2007). Já o soro ácido, proveniente da produção de queijos de coagulação ácida, de menor consumo (ricota e requeijão) e da fabricação de caseína, praticamente inexistente no país, pouco contribui no cômputo geral (CARVALHO et al., 2007).

Na legislação brasileira (Brasil, 2013) foi definido um padrão para as características físico-químicas do soro de leite doce e ácido. Esses valores estão expostos na Tabela 10.

Tabela 10 - Características físico-químicas do soro de leite doce e ácido.

Requisitos	Soro de leite	Soro de leite ácido
pH	6,0 a 6,8	Inferior a 6,0
Acidez titulável em ácido láctico (g/100g)	0,08 a 0,14	-
Sólidos Totais (g/100mL)	Mínimo 5,0	Mínimo 5,0
Neutralizantes de acidez	Negativo	Negativo
Reconstituintes de densidade	Negativo	Negativo

Fonte: Adaptado de Brasil (2013).

3.2.2 Produção de soro de leite

Segundo estimativas da Associação Brasileira das Indústrias de Queijo (ABIQ), em 2015 o Brasil produziu cerca de 1,105 milhão de toneladas de queijos nas empresas com SIF

(Serviço de Inspeção Federal), um aumento modesto de 2,9% em relação a 2014, depois de aumentar a taxas de 8% e 9% em anos anteriores, como mostra a Figura 4. De acordo com a ABIQ, a desaceleração tem duas razões: a escassez de leite no Brasil em 2015 e a queda no consumo no segundo semestre em virtude dos efeitos da crise econômica, que afetaram a renda da população brasileira (MILKPOINT, 2016).

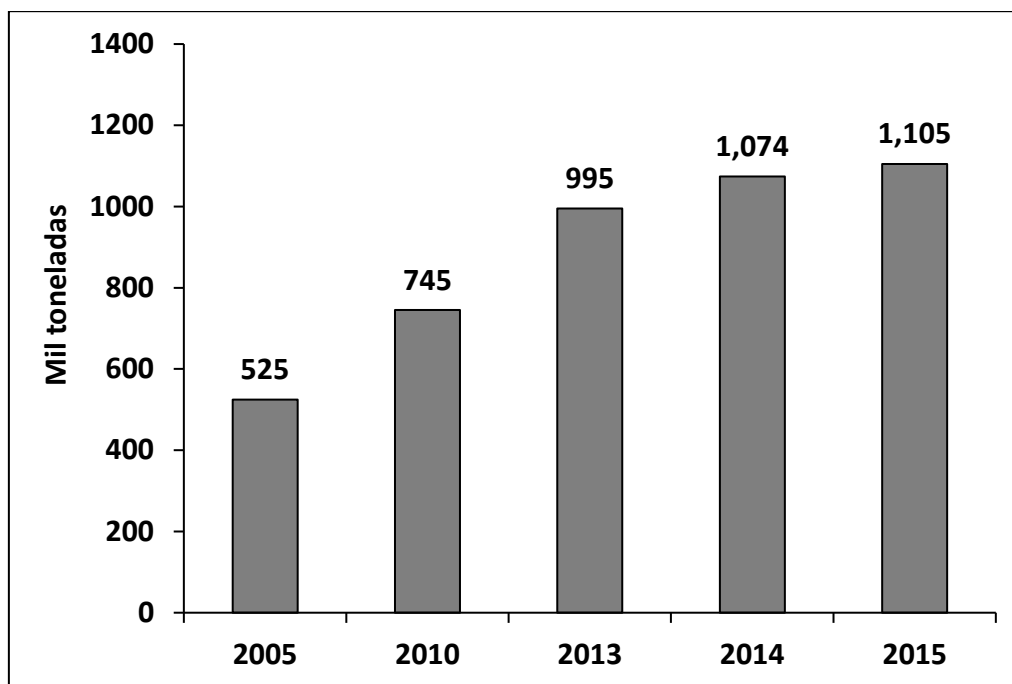


Figura 4 - Evolução da produção de queijos no Brasil (em mil toneladas)*.

Fonte: Adaptado da MILKPOINT (2016). *Estimativa refere-se às empresas com SIF.

Enquanto no Brasil, em 2015, o consumo per capita de queijo foi estimado em 5,4 quilos, em países como Chile e Argentina, o consumo por habitante chega a 10 quilos (MILKPOINT, 2016).

Com base na produção de queijos no Brasil das empresas com SIF (1,105 milhão de toneladas em 2015), considerando que em média dez litros de leite produzem cerca de um quilo de queijo e nove litros de soro, a produção aproximada resultou em 9,9 bilhões de litros de soro de leite em 2015.

No Brasil os dados sobre disponibilidade de soro de leite são bastante imprecisos, visto que parcela significativa do queijo é produzida por pequenos laticínios, que não possuem estrutura para processar o soro e que, por isso, o destinam para alimentação animal e descartam o excedente nos rios (SILVA et al., 2013). Assim, muitos laticínios ainda

consideram o soro de leite como um efluente, o qual, sem o devido tratamento, causa sérios problemas ambientais devido a sua elevada carga orgânica (ALVES et al., 2014).

O soro pode provocar a destruição da flora e da fauna em razão de ser agente poluidor e pela sua alta demanda biológica de oxigênio (DBO), que é cerca de 30.000 a 50.000 mg de oxigênio por litro de soro, valor aproximadamente 100 vezes maior em relação ao esgoto doméstico (MOREIRA et al., 2010).

O tratamento de efluentes, principalmente do soro de leite, por possuir elevada carga orgânica, é dispendioso (MOREIRA et al., 2010). Wissmann et al. (2012) relataram em seus estudos realizados em uma queijaria de pequeno porte no Brasil que, com a venda de soro, a empresa deixou de ter o custo ambiental com o seu tratamento, o que acarretou em uma redução de 29% do total dos seus custos operacionais.

Nesse contexto, o desenvolvimento de alternativas para um adequado aproveitamento do soro de leite é considerado de fundamental importância na indústria láctea, em razão da sua qualidade nutricional, do seu volume produzido e da sua capacidade poluente (ROHLFES et al., 2011; BALDASSO, 2011; GIROTO e PAWLOWSKY, 2001).

No passado, o soro de leite já foi considerado um subproduto oneroso para indústria láctea. Hoje em dia, devido a rigorosas normas ambientais que proíbem o descarte de produtos com alta demanda biológica de oxigênio, com a demonstração científica da qualidade nutricional de seus componentes (proteínas, lactose, etc.) e o desenvolvimento de técnicas de fracionamento, o soro de leite é amplamente demandado como ingrediente ou como precursor de ingredientes (GERNIGON et al., 2010).

3.2.3 Poder poluente do soro e alternativas para o seu aproveitamento

Um dos principais problemas ambientais causados pelos laticínios está relacionado ao destino da parcela de soro de leite não aproveitada, quando lançada diretamente nos cursos d'água, sem qualquer tratamento prévio (PEREIRA et al., 2009; MAGALHÃES et al., 2011). Segundo Rocha (2013), o elevado poder poluente do soro é devido à alta quantidade de substâncias orgânicas presentes em sua composição representados principalmente pelas proteínas e pela lactose. Assim, o soro, quando lançado nos corpos hídricos, pode provocar a destruição da flora e da fauna devido à sua alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), valor aproximadamente 100 vezes mais que a DBO do esgoto doméstico, conforme

anteriormente citado, que é de 30.000 a 40.000 mg de O₂ por litro de soro, causando graves problemas ambientais (BARBOSA et al., 2010).

Por isso, a legislação ambiental proíbe o descarte do soro sem um tratamento eficiente. A Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998), dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, previstas em seu Art. 33:

Provocar, pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais, o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras: Pena - detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas cumulativamente.

Assim, as agroindústrias de produtos lácteos devem obrigatoriamente realizar o tratamento de seus efluentes antes da disposição final em cursos d'água. Essas indústrias devem seguir a Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2011a). Entretanto, cada estado do Brasil possui suas próprias especificações legais que regem as condições e padrões de lançamento de efluentes. Por exemplo, no Estado de Minas Gerais, desde 05 de maio de 2008 está em vigor a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (MINAS GERAIS, 2008). Dentre as normas, pode-se destacar a condição de lançamento de efluentes até 60 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 75%, e média anual igual ou superior a 85%, para os demais sistemas.

Como pode ser visto na Tabela 11, o soro de leite gerado na produção de queijos afeta consideravelmente a qualidade dos efluentes dos laticínios que não estão adaptados para sua recuperação. Segundo Teixeira et al. (2010), observa-se uma maior carga orgânica em empresas de pequeno porte, em função da ineficiência da segregação do soro.

Tabela 11 - Comparativo de resultados para diversos parâmetros de instalação com e sem recuperação de soro.

Parâmetros	Instalação COM recuperação de soro (mg/L)	Instalação SEM recuperação de soro (mg/L)
DBO ₅	2.397	5.312
DQO	5.312	20.559
Gorduras	96	463
NTOTAL	90	159
PTOTAL	26	21

Fonte: Maganha (2006).

Como a produção de soro pode chegar a nove vezes a quantidade de queijo produzido, constata-se que a sua contribuição no efluente final dos laticínios é muito relevante, tanto em termos qualitativos como quantitativos (MAGANHA, 2006). Segundo Andrade (2011), visando à redução dos custos e dos impactos ambientais, a minimização do volume e da carga poluidora dos efluentes deve ser sempre priorizada.

Para os laticínios é importante o desenvolvimento de tecnologias para o adequado aproveitamento do soro de leite, pois, ao mesmo tempo em que a transformação do soro em produtos diversos minimiza o problema ambiental, ainda possibilita o desenvolvimento de novos produtos e aumento de lucratividade (ALVES et al., 2014).

No passado, o soro de leite não era aproveitado ou então era utilizado para alimentação animal, porém o conhecimento de sua composição e os avanços tecnológicos o levaram a ser considerado um ingrediente de grande valor para a indústria alimentícia e farmacêutica (ROCHA, 2013). Segundo Martins et al. (2013), são inúmeras as aplicações para o soro de leite, incluindo as indústrias de lácteos, farmacêutica, carnes, chocolate, aperitivos e bebidas, misturas secas (para condimentar), panificação, entre outras.

Entre as alternativas para utilização do soro pode-se citar a fabricação de produtos como ricota, bebida láctea, a produção de soro em pó, bem como a concentração e fracionamento das proteínas com posterior secagem (ALVES et al., 2014). O valor do soro processado é superior àquele pelo qual os laticínios vendem para alimentação animal (quando não doam), ou pior, despejam diretamente nos cursos d'água (ZACARCHENCO et al., 2013). Entretanto, o conteúdo relativamente alto em sais do soro e a excessiva diluição de seus componentes exige aplicação de tratamentos tecnológicos para seu melhor aproveitamento

como a concentração, a separação das proteínas e lactose e a desmineralização (ROCHA, 2013).

A concentração do soro reduz o seu volume e minimiza os custos de transporte do mesmo, além de permitir uma melhor utilização como ingrediente, pois concentra seus componentes (MAGANHA, 2006). A desmineralização do soro reduz o teor de sais, assim o soro se torna adequado para o uso em alimentos infantis e dietéticos (ROCHA, 2013). Segundo Baldasso (2011), o soro de leite pó desmineralizado é amplamente utilizado em formulações de alimentos infantis, assim como em sobremesas congeladas, coberturas aeradas e em produtos de confeitaria. A separação da proteína permite sua utilização em vários produtos, como em merengues e na elaboração de cremes em função da sua propriedade espumante, em produtos cárneos, por sua capacidade emulsificante, na incorporação de bebidas devido à sua grande solubilidade, entre outros (ROCHA, 2013). A lactose constitui fonte de energia para microrganismos, por isso é possível utilizá-la como substrato da fermentação para obtenção de etanol, biomassa, biogás, ácido lático, etc. (ROCHA, 2013).

Como visto anteriormente, são muitas as opções tecnológicas de aproveitamento do soro de leite. Devido à sua alta qualidade nutricional, ao seu poder poluente e à quantidade produzida, portanto, sua utilização é plenamente justificável. Assim, o soro pode deixar de ser um custo para os laticínios que o descartam como resíduo e passar a ser uma matéria-prima de fonte de ganhos.

3.2.4 Qualidade do soro de leite

Para que se possa aproveitar o soro de leite são necessários cuidados no sentido de atender às exigências de qualidade das indústrias processadoras. No entanto, o aproveitamento do soro de leite apresenta como principal dificuldade o fato do mesmo ser visto como resíduo e não como matéria-prima. Dessa forma, não existe uma preocupação em buscar uma maior conservação e estabilidade do soro, com a aplicação de baixas temperaturas ou concentração para garantir sua qualidade (ROHLFES et al., 2011).

A Portaria nº 53 de 10 de abril de 2013 criou o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite destinado ao comércio nacional e internacional, conforme anteriormente relatado, que tem como objetivo estabelecer a identidade e os requisitos mínimos de qualidade que deve atender o soro de leite, em suas diferentes formas, destinado ao consumo humano (BRASIL, 2013). Segundo essa Portaria, o soro de leite e o soro ácido

podem ser apresentados na forma líquida, concentrada ou em pó, porém devem seguir requisitos mínimos para as características físico-químicas das suas diferentes formas.

Em relação às características sensoriais do soro de leite, segundo Brasil (2013) os requisitos são: “o aspecto: consistência líquida, viscosa ou em pó; cor: branca, amarelada ou esverdeada quando de consistência líquida ou concentrada, branca a creme quando em pó; odor e sabor: característicos, agradáveis, podendo ser ligeiramente adocicado ou salgado”.

A conservação e comercialização do soro de leite deverão seguir os seguintes parâmetros, como esclarece Brasil (2013):

- O tempo transcorrido entre a obtenção do soro refrigerado até o início do seu processamento industrial deve ser no máximo 72 (setenta e duas) horas;
- O tempo transcorrido entre a obtenção do soro termizado, pasteurizado ou concentrado até o início do seu processamento industrial deve ser no máximo 96 (noventa e seis) horas;
- O soro de leite refrigerado deve ser transportado em tanques isotérmicos e recebido a uma temperatura máxima de 10° C no momento da sua chegada ao estabelecimento onde vai ser feito o processamento final;
- Após a concentração o soro de leite deve ser refrigerado e conservado a uma temperatura máxima de 10° C;
- O soro de leite concentrado deve ser transportado em tanques isotérmicos e recebido a uma temperatura máxima de 12° C no momento da sua chegada ao estabelecimento onde vai ser feito o processamento final.

Em relação às considerações gerais para as práticas de higiene no soro de leite, ainda segundo Brasil (2013), para elaboração do produto devem estar de acordo com o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiénico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos. No que se refere a Critérios Macroscópicos e Microscópicos, o produto não deverá conter substâncias estranhas de qualquer natureza. Para os Critérios Microbiológicos os produtos soro de leite pasteurizado, concentrado, em pó, parcialmente desmineralizado em pó, desmineralizado em pó e delactosado em pó devem cumprir com os requisitos que constam na Portaria nº 53, de 10 de abril de 2013 (BRASIL, 2013).

Portanto, é necessário que os laticínios brasileiros comecem a se preocupar com a qualidade do soro de leite para que se possa utilizá-lo como matéria-prima.

A atual competitividade do setor lácteo mostra que somente empresas com processos produtivos eficientes, com programas ambientais e bases sólidas, se destacam, dado que essas empresas precisam se encaixar nas novas exigências do consumidor e do mercado (ROHLFES et al., 2011).

3.2.5 Principais processos utilizados no processamento do soro de leite

Tendo em vista as várias aplicações do soro de leite, alternativas tecnológicas para o seu adequado aproveitamento são necessárias. Segundo Alves et al. (2014), para obtenção do soro de leite em pó e de concentrados e isolados proteicos de soro são utilizadas operações unitárias como a tecnologia de separação por membranas, a evaporação a vácuo e a secagem em *spray dryer*.

Dentre as indústrias de alimentos, a indústria de laticínios foi a que apresentou maior introdução das tecnologias de separação por membranas, Microfiltração (MF), Ultrafiltração (UF), Nanofiltração (NF) e Osmose Reversa (OR), sendo o processamento de soro de leite um dos primeiros campos de aplicação dessas tecnologias na indústria de lácteos (CORREIA et al., 2011).

Os objetivos do Processo de Separação por Membranas (PSM) são a separação, a concentração e/ou purificação de componentes presentes em solução, o que ocorre devido a capacidade da membrana de transportar um determinado componente da fase de alimentação mais prontamente que outro componente (BALDASSO, 2011).

A membrana é uma barreira que separa duas fases (alimentação e permeado) e restringe, parcial ou totalmente, o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nestas fases (SANTOS et al., 2014). Portanto, tem-se duas correntes: o fluido que atravessa a membrana, chamado de permeado ou filtrado, e a que permanece retido pela membrana, que é a corrente enriquecida em um ou mais componentes, denominada de retido ou concentrado (BALDASSO, 2011).

Atualmente, os PSM são largamente utilizados para diferentes aplicações como um processo alternativo aos processos de separação convencionais: destilação, centrifugação e a evaporação (BALDASSO, 2011). Os PSM se destacam devido ao baixo consumo energético, dado que a maioria destes ocorre sem mudança de fase; a separação de compostos termolábeis (operam à temperatura ambiente); a seletividade da membrana; a simplicidade de operação e escalonamento, pois são modulares (BALDASSO, 2011).

A tecnologia de separação por membranas possibilita que o processamento do soro resulte em produtos com características tecnológicas adequadas para utilização nos mais diversos tipos de aplicações (ALVES et al., 2014). Essa tecnologia proporciona o aumento do teor de sólidos com a remoção parcial da água e, conseqüentemente, melhora a conservação do produto e reduz os custos de transporte (ALVES et al., 2014).

Segundo Alves et al. (2014), a concentração do soro resulta na formação de produtos proteicos que podem ser usados como ingredientes para melhorar as propriedades tecnofuncionais dos alimentos, tais como: viscosidade, emulsificação, gelificação, solubilidade e formação de espuma.

Na Figura 5 apresentam-se algumas características envolvidas nas principais operações de separação por membranas.

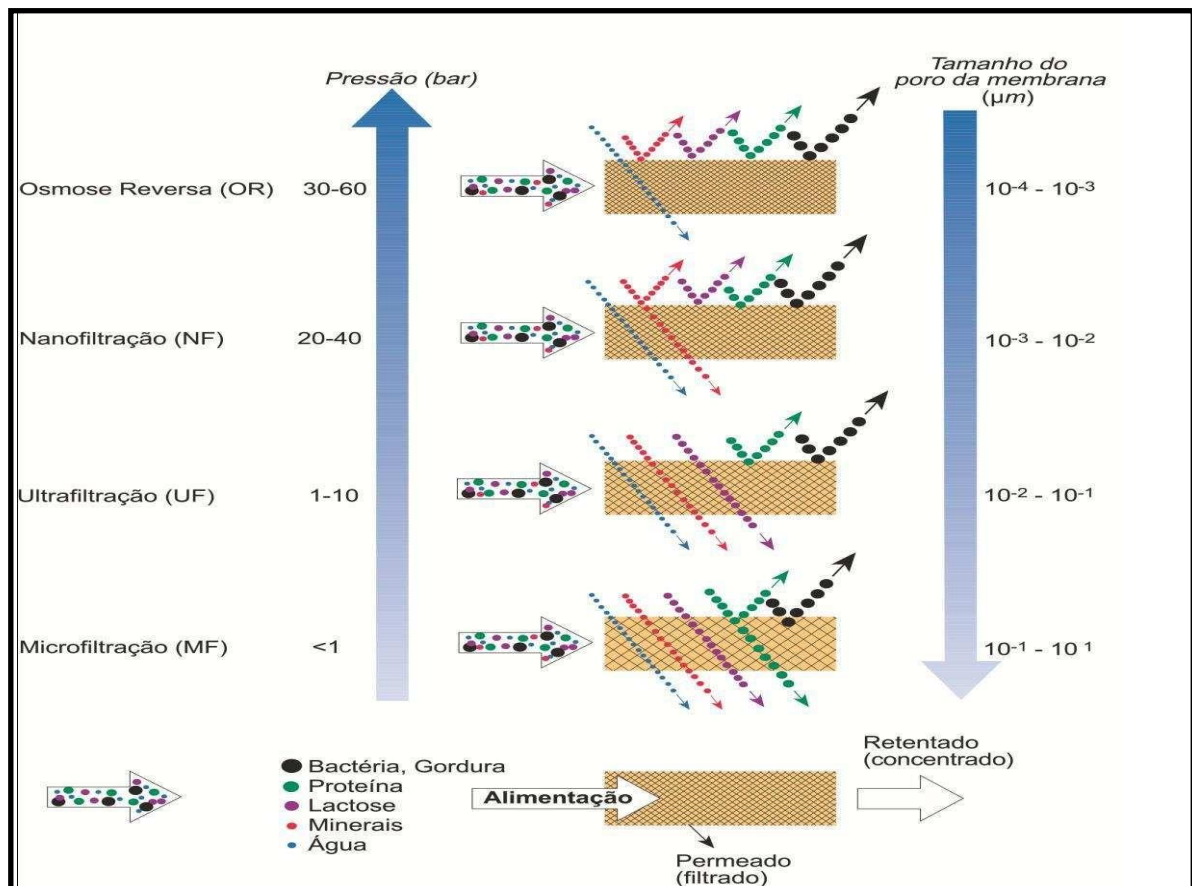


Figura 5 - Características das operações de separação por membranas.

Fonte: Bylund (2005) apud Simeão (2016).

Verifica-se na Figura 5 que, com a diminuição do tamanho do poro da membrana, há um aumento da resistência hidrodinâmica à transferência de massa, logo para permitir a passagem do solvente e de determinado solutos é necessária a aplicação de pressões mais elevadas. A gama de pressões para a MF encontra-se abaixo de 1 bar; entre 1 e 10 bar para a UF; entre 20 a 40 bar para a NF e de 30 a 60 bar para a OI.

A ultrafiltração é uma das técnicas mais utilizadas para a recuperação das proteínas do soro de leite. O concentrado proteico de soro (*Whey protein concentrate – WPC*) é o principal

produto obtido pela remoção de constituintes não proteicos do soro, resultando em um produto seco com teor proteico entre 35% e 80%, já o isolado proteico de soro (*Whey protein isolate – WPI*) é a forma comercial mais pura das proteínas do soro e possui entre 80 e 95% de proteína (ALVES et al., 2014).

Atualmente, as membranas de Osmose Reversa (OR) têm sido trocadas pela membrana de Nanofiltração (NF), com o intuito de realizar ao mesmo tempo a concentração (até um teor de sólidos de 25 a 25%) e a desmineralização parcial (remoção de 25 a 50% dos sais minerais, principalmente das espécies monovalentes) (CORREIA et al., 2011). Além desta dupla função, o uso da NF possibilita economia de energia quando comparada a OR, redução de efluentes e melhoria considerável da secagem de soro, em razão da melhor cristalização da lactose. Por fim, o uso da NF tem fornecido aos laticínios novas possibilidades de comercialização, com razoável valor agregado, o que anteriormente era inviável de se alcançar com o produto destinado para alimentação animal, que também representava fonte de poluição para o meio ambiente.

O soro de leite é geralmente concentrado por evaporação a vácuo antes da secagem em *spray dryer*, já que a remoção de água por evaporação a vácuo apresenta um custo energético menor do que por secagem (ALVES et al., 2014). A evaporação consiste na redução da quantidade de água presente no soro, geralmente realizada por meio de evaporadores a vácuo de múltiplos efeitos.

A secagem por atomização ou secagem em *spray dryer* consiste em atomizar ou pulverizar o produto a ser seco sobre forma de pequenas gotículas em uma corrente de ar quente, de maneira a obter-se um pó (SIMEÃO, 2016). Essa técnica é a mais utilizada para desidratação de produtos lácteos, permitindo armazenamento e conservação por mais tempo, além de reduzir custos logísticos (SILVEIRA et al., 2013; ALVES et al., 2014).

3.2.6 Processo de produção do soro de leite em pó

A Figura 6 demonstra as possibilidades de beneficiamento do soro de leite após a fabricação de queijos. O processo produtivo do soro em pó tem início com a obtenção do soro de leite *in natura*, proveniente da produção de queijos, com cerca de 6% de sólidos totais (ST) e 94% de água. Para poder ser processado, o soro de leite assim que produzido deve ser submetido à refrigeração ou ser pasteurizado e refrigerado.

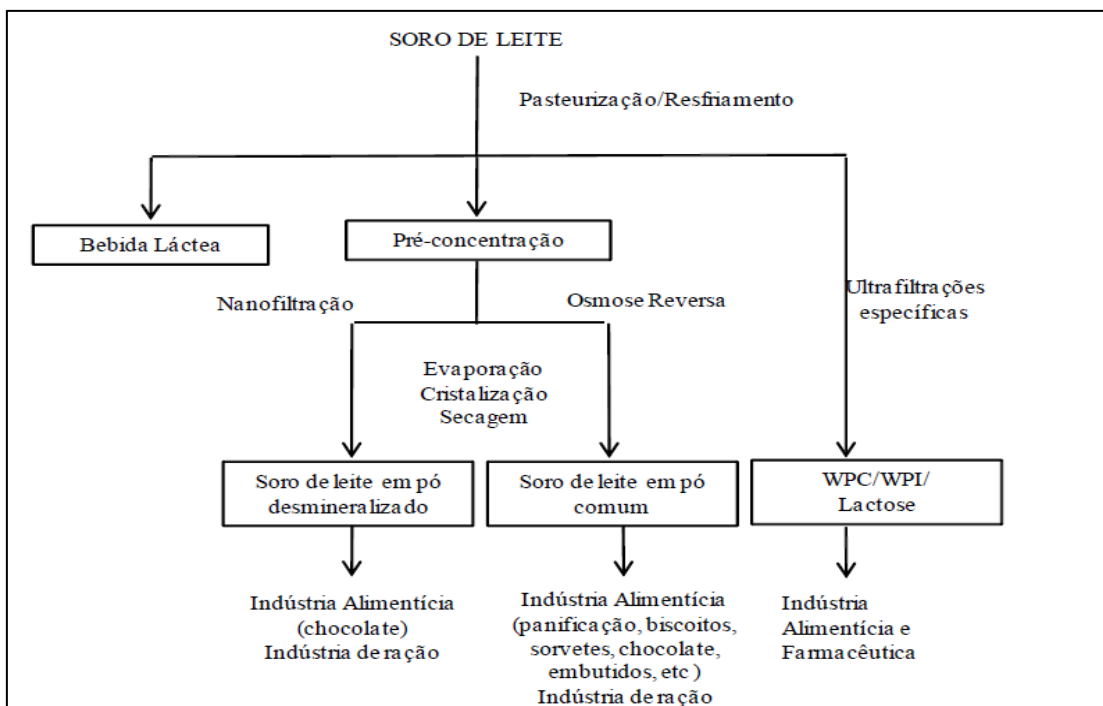


Figura 6 - Processos alternativos de beneficiamento do soro de leite.

Fonte: Martins et al. (2013).

A escolha da via de processamento para produção de soro de leite em pó tem como principais operações unitárias: a separação por membranas, a evaporação a vácuo, a cristalização e a secagem em *spray dryer* (PERRONE, 2010).

O soro destinado à secagem deve ser pré-concentrado no laticínio de origem ou próximo a ele, processo que elevará a concentração de ST de 6 a 18% (MARTINS et al., 2013). Na etapa de pré-concentração, a nanofiltração gera o soro pré-concentrado com 16% de ST, que resultará no soro de leite em pó desmineralizado, e a osmose reversa gera o soro pré-concentrado com 18% de ST, que resultará no soro de leite em pó comum (MARTINS et al., 2013). Esse processo é importante para reduzir uma etapa na unidade de secagem, melhorar a conservação do produto e otimizar a logística de captação de soro, com a consequente redução dos custos de transporte. Após a concentração, o soro de leite deve ser refrigerado e conservado a uma temperatura máxima de 10 °C (BRASIL, 2013).

Grande parte dos laticínios, a partir de determinada escala, comercializa o soro concentrado com indústrias de secagem de soro (TÔRRES FILHO et al., 2014). Nestes casos, o soro de leite concentrado deve ser transportado em tanques isotérmicos e recebido a uma temperatura máxima de 12° C no momento da sua chegada ao estabelecimento, onde vai ser feito o processamento final (BRASIL, 2013).

Ao chegar às indústrias de secagem, o soro concentrado é estocado em tanques refrigerados, sendo encaminhado a evaporadores (TÔRRES FILHO et al., 2014). O soro de leite é concentrado até 40-70% de ST em evaporadores a vácuo de múltiplos efeitos e em seguida, no *spray dryer*, a umidade é retirada até que o produto final atinja 5% de teor de umidade (TSKALI et al., 2010). Embora pareça um processo simples, a secagem pode ficar bastante complicada, em parte por causa do alto teor de lactose presente no soro de leite, sendo necessária a etapa de pré-cristalização da lactose antes da secagem a fim de minimizar os problemas de higroscopicidade, assim como a manipulação cuidadosa das condições de calor para minimizar os problemas causados pela sensibilidade térmica das proteínas do soro (TSKALI et al., 2010).

3.3 Decisões de localização das instalações

De acordo com Christopher (2011) a logística é definida como:

o processo de gestão estratégica da aquisição, movimentação e armazenamento de materiais, peças e estoques finais (e os fluxos de informação relacionados) por meio da organização e seus canais de comercialização, de tal forma que as rentabilidades atual e futura sejam maximizadas através da execução de pedidos, visando custo-benefício.

Ao longo da rede logística, localizar instalações é um importante problema de decisão que dá forma, estrutura e contornos ao sistema logístico inteiro (BALLOU, 2006). As decisões sobre localização envolvem a determinação do número, local e proporções das instalações a serem utilizadas (BALLOU, 2006).

Modelos de computador que trabalham com o problema da localização em planejamento de rede vêm conquistando significativa preferência para trabalhar as grandes quantidades de dados presentes na análise (BALLOU, 2006). Eles têm sido úteis nas respostas às questões relacionadas com o número, tamanho e localização de fábricas, armazéns e terminais (BALLOU, 2006).

Seja qual for o processo utilizado pelo profissional de logística para configurar a rede de instalações e definir o fluxo de produtos através dela, serão necessários dados, ferramentas computacionais e um processo de análise capaz de conduzir a um projeto eficiente de rede (BALLOU, 2006).

O problema mais complexo e realista de localização que a maioria das empresas enfrenta é o que aparece quando se torna necessário localizar duas ou mais instalações simultaneamente, ou quando instalações complementares devem ser localizadas onde já existe no mínimo uma dessas instalações (BALLOU, 2006). Isso é um problema comum, pois todas as empresas, com exceção das realmente pequenas, têm mais de uma instalação em seus sistemas logísticos (BALLOU, 2006). Essas instalações não podem ser razoavelmente tratadas como independentes em termos econômicos e, além disso, o número de configurações viáveis de localização se torna enorme.

Boa parte dos trabalhos mais antigos sobre a localização foi postulada por economistas rurais e geógrafos regionais, e um tema recorrente ao longo de todos esses trabalhos pioneiros foi a importância dos custos do transporte na determinação da localização (BALLOU, 2006). Segundo Martins et al. (2013), conforme o valor agregado dos produtos, os custos com transporte exercem papel importante, senão determinantes, na definição da localização de empreendimentos.

Para Chopra e Meindl (2011), decidir onde uma empresa localizará suas instalações constitui numa grande parte do projeto de uma cadeia de suprimentos. As empresas precisam considerar uma série de questões relacionadas às diversas características da área local em que a instalação será situada. Estas incluem fatores macroeconômicos, qualidade e custo dos trabalhadores, disponibilidade de infraestrutura, custo da instalação, proximidade de clientes, localização de outras instalações dessa firma, efeitos de impostos e outros fatores estratégicos.

Decisões de localização de instalações exercem um impacto a longo prazo sobre o desempenho de uma cadeia de suprimentos, pois é muito caro fechar uma instalação ou mudá-la para um local diferente. Uma instalação mal localizada torna muito difícil para uma cadeia trabalhar próxima do limite de eficiência (CHOPRA e MEINDL, 2011).

Quando existe uma redução significativa no peso ou no volume da matéria-prima como resultado do processamento, pode ser melhor localizar instalações mais perto das fontes de suprimentos do que dos clientes (CHOPRA e MEINDL, 2011).

3.3.1 Otimização da logística do soro de leite

No Brasil, poucas informações sobre localização e disponibilidade de soro de leite estão disponíveis (CORTEZ, 2013). Segundo o mesmo autor, a dispersão geográfica das

queijarias e a escassez das estatísticas de produção dificultam a realização de estudos sobre logística, disponibilidade e aproveitamento do soro de leite.

Em sua tese, Homem (2004) avaliou a viabilidade técnica-econômica e análise locacional de uma unidade de processamento de soro de leite em Minas Gerais. O autor utilizou as informações das localizações e capacidades instaladas de 371 laticínios cadastrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF) do MAPA, localizados em 291 municípios distribuídos nas 12 mesorregiões de Minas Gerais, e tais dados serviram para a estimativa do cálculo do volume de soro gerado. O autor utilizou o programa de computador P-MED destinado à alocação de múltiplas instalações através do método da aproximação p-mediana. Os resultados mostraram que há viabilidade econômica para uma unidade dimensionada para processar 500 mil litros de soro/dia, para produção de soro em pó, proteína em pó e lactose em pó. No entanto, os resultados da análise locacional demonstraram que há um volume acima da unidade de processamento projetada, indicando que seriam necessárias 10 unidades processadoras para absorver todo o soro gerado pelas empresas e que muitos locais podem ser escolhidos para sua localização.

Alves (2005) desenvolveu um modelo de programação inteira mista para determinar o número mínimo de instalações necessárias para atender às necessidades da rede produtora de soro de leite de Minas Gerais, bem como a localização de cada unidade. O autor utilizou dados do MAPA, identificando 353 laticínios inscritos no SIF, que foram agrupados por cidades, fornecendo uma malha de captação de 200 cidades. Também foram utilizados do trabalho de Homem (2004) os dados de custo de instalação de uma unidade processadora de soro de queijo (R\$ 57.798.429,94) e de sua capacidade instalada (500.000 litros/dia). Os resultados encontrados indicaram a necessidade de no mínimo 11 unidades de processamento para viabilizar uma rede de captação de soro em Minas Gerais.

Em seu trabalho, Cortez (2013), estudou a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento do soro de queijo produzido no Estado do Rio de Janeiro, a partir da realização de questionários em 52 estabelecimentos de cinco regiões do Estado que produzem ou compram soro. A partir dos dados, determinou-se um modelo matemático de localização de plantas de processamento reunindo as questões de logística de produção e coleta de soro, identificando regiões com potencial de plantas processadoras de soro, além de caracterizar áreas de possível impacto ambiental da indústria queijeira. Os resultados indicaram que a formação de uma cadeia de aproveitamento do soro de queijo deve ser constituída de dois

pontos para o beneficiamento final do soro através da secagem e/ou produção de concentrado proteico de soro nos municípios de Macuco e Valença.

De acordo com Cortez (2013), para viabilizar a utilização do soro de leite de forma econômica, criando oportunidade para a participação de micro, pequenas e médias queijarias, reunir e transportar o soro de leite para uma unidade processadora é condição indispensável. Segundo o mesmo autor, além da questão de escala de produção, as tecnologias de armazenagem, conservação e transporte do soro têm consequências diretas sobre os investimentos necessários e os custos da logística de coleta.

Martins et al. (2013) avaliaram a viabilidade técnica e econômica para a formação da cadeia de valor do soro de leite, utilizando informações coletadas em fevereiro de 2009 em 92 laticínios produtores de queijos localizados em 52 municípios das mesorregiões Zona da Mata, Campo das Vertentes e Sul de Minas Gerais e com produção total diária de 702.247 litros de soro. Os autores desenvolveram um modelo utilizando critérios logísticos e financeiros para a sugestão de local para instalação da indústria, que minimiza os custos de obtenção do soro resfriado e/ou pré-concentrado para o processamento, bem como os valores que viabilizam o empreendimento.

O aproveitamento do soro em produtos de alto valor agregado, no geral, requer investimentos consideráveis, que demandam volumes significativos de soro para justificar tais investimentos (CORTEZ, 2013). Entretanto, no Brasil e no estado de Minas Gerais, grande parte do soro de leite gerado é oriundo das pequenas e médias queijarias, onde se torna difícil o investimento em tecnologia necessária para o processamento deste coproduto (ALVES et al., 2014). Para o mesmo autor, o caminho é a instalação de unidades centrais de processamento, que recebam o soro gerado pelas queijarias de uma determinada região.

As alternativas economicamente viáveis de aproveitamento do soro de leite no Brasil ficam muito limitadas, se os pequenos e médios laticínios forem considerados isoladamente (ROHLFES et al., 2011; MACHADO et al., 2001). No entanto, a busca conjunta de ações que facilitem o escoamento da produção, a adoção de programas que possibilitem a obtenção de soro de qualidade nos laticínios e a implantação de unidades estrategicamente localizadas para a pré-concentração do soro e o seu encaminhamento para unidade de processamento, podem representar a solução definitiva para o problema de aproveitamento do soro (ROHLFES et al., 2011; MACHADO et al., 2001).

4 METODOLOGIA

Segundo Jung (2010), uma pesquisa pode ser classificada de acordo com a natureza, objetivo, abordagem e procedimento, como mostra a Figura 7.

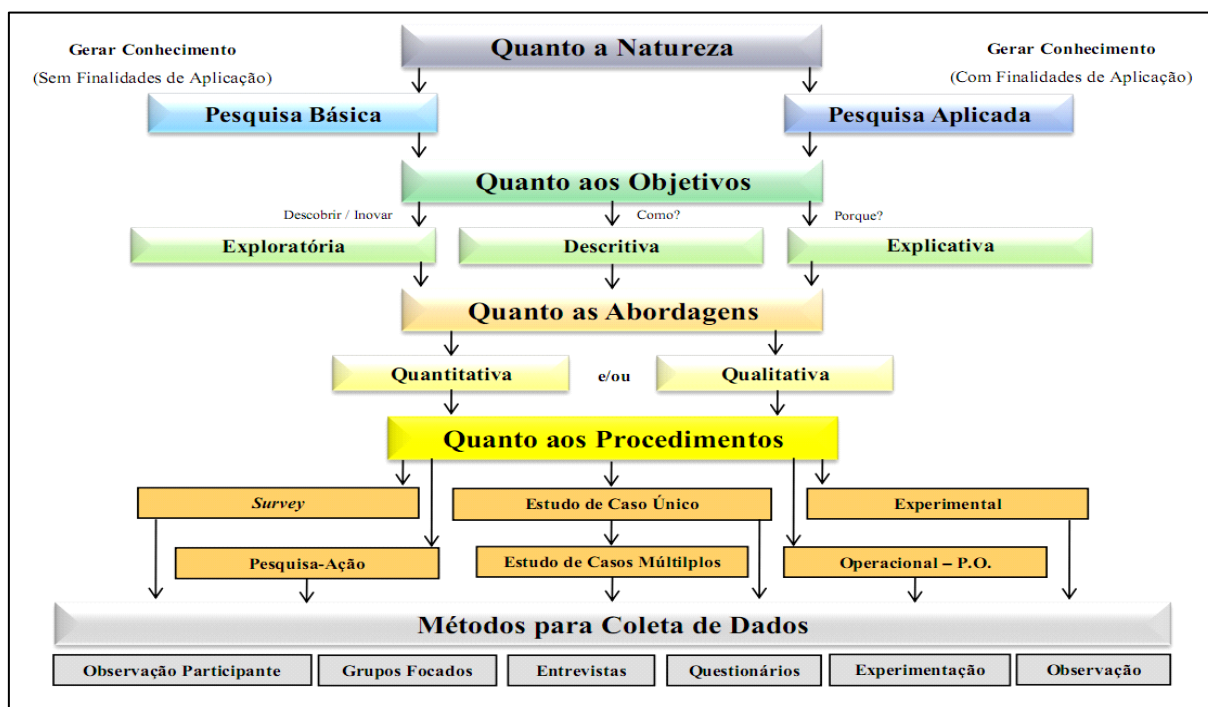


Figura 7 - Fluxograma de classificação de uma pesquisa.

Fonte: Jung (2010).

Dessa forma, seguindo o raciocínio proposto, quanto à natureza deste trabalho, essa pesquisa se caracteriza como pesquisa aplicada, pois, para Jung (2010), objetiva a aplicação do conhecimento básico e gerar novos conhecimentos resultantes dos processos de pesquisa.

Quanto ao objetivo da pesquisa, essa se caracteriza por ser descritiva. De acordo com Gil (2002), esse tipo de pesquisa tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis.

No que tange a abordagem, esse estudo é quantitativo. Os procedimentos da pesquisa baseiam-se em *survey* e pesquisa operacional (P.O.). A metodologia *survey* é uma forma de obtenção de informações ou dados sobre ações, características ou opiniões de certo grupo de pessoas, apontando como representante de uma população-alvo, através de um instrumento de pesquisa, geralmente um questionário (FREITAS et al., 2000). A pesquisa operacional (P.O.)

aborda por meio de ferramentas estatísticas e métodos matemáticos de otimização, a seleção do meio mais adequado para se obter o melhor resultado (JUNG, 2010).

Dessa forma, como instrumento de coleta de dados foi utilizado um questionário (Anexo A) contendo questões (abertas e fechadas) relacionadas aos dados das empresas, à captação de leite, ao soro de leite gerado e/ou processado, ao transporte do soro de leite e informações complementares.

O questionário foi aplicado durante o ano de 2014, numa parceria entre a Embrapa Agroindústria de Alimentos, o Polo de Excelência do Leite, a Embrapa Gado de Leite, o Instituto de Laticínios Cândido Tostes e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (Campus Rio Pomba).

Os dados foram coletados em 76 laticínios produtores de queijo localizados em 42 municípios das mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes do estado de Minas Gerais. Durante a pesquisa nas mesmas mesorregiões foram identificadas duas unidades instaladas de secagem de soro de leite nos municípios de Leopoldina e Ponte Nova, operando com capacidade ociosa de processamento de soro de leite de 300 m³/dia e 400 m³/dia, respectivamente.

A Figura 8 mostra o mapa de Minas Gerais dividido em doze mesorregiões com destaque para as duas mesorregiões (Zona da Mata e Campo das Vertentes) que foram objeto deste estudo.



Figura 8 - Mapa do Estado de Minas Gerais dividido em mesorregiões. Destaque para Zona da Mata e Campo das Vertentes.

Fonte: <http://www.minas-gerais.net/>

Os dados obtidos no questionário serviram de base para a realização do diagnóstico sobre a produção e aproveitamento do soro de leite nas mesorregiões estudadas e como *input* ao modelo de otimização logística, que será abordado na próxima seção.

4.1 Modelo de otimização logística

O modelo de otimização logística utilizado no presente trabalho foi desenvolvido e concedido por García-Flores et al. (2015), o qual avalia a viabilidade do aproveitamento do soro de leite para um *cluster* de fabricantes de queijos. Os autores introduziram um modelo de apoio à decisão para a produção e distribuição de produtos derivados de soro de leite, que se estende a um problema de localização de instalações em todo mundo. O modelo logístico principal considera o transporte, a localização de instalações e a seleção de equipamentos para sugerir o projeto da rede logística economicamente mais viável. Os autores utilizaram o modelo para encontrar a configuração ideal da rede logística de soro de leite de um *cluster* real de pequenos produtores de queijo em Minas Gerais, Brasil, empregando dados colhidos no local, e partindo dos modelos de Martins et al. (2013) e García-Flores e Juliano (2013).

Os resultados apresentados no presente trabalho consideram a produção do soro de leite parcialmente desmineralizado em pó 40%, também chamado de 40DWP, utilizando o processo de nanofiltração, mas o modelo apresentado é geral e pode ser facilmente utilizado para representar a produção de soro de leite em pó comum usando o processo de osmose reversa (GARCÍA-FLORES et al., 2015).

O diagrama do processo de produção do 40DWP é mostrado na Figura 9. O processo completo é composto de cinco etapas: recepção, armazenamento, pré-tratamento, concentração + cristalização e secagem + embalagem. As etapas de operação são realizadas por grupos predefinidos de unidades de equipamentos individuais. Estes grupos são projetados por especialistas para satisfazer os requisitos de engenharia e evitar incompatibilidades de equipamentos. Por exemplo, o pré-tratamento é composto de um filtro, uma desnatadeira, um pasteurizador, bombas e do nanofiltro; a etapa de secagem e embalagem é composta por um *spray dryer* e uma embaladora, e assim por diante. Os centros de coleta (unidade de pré-concentração) recebem o soro de leite cru como entrada e produzem o soro de leite concentrado, enquanto que as plantas podem receber o soro de leite cru e concentrado como entrada e produzir 40DWP como produto final.

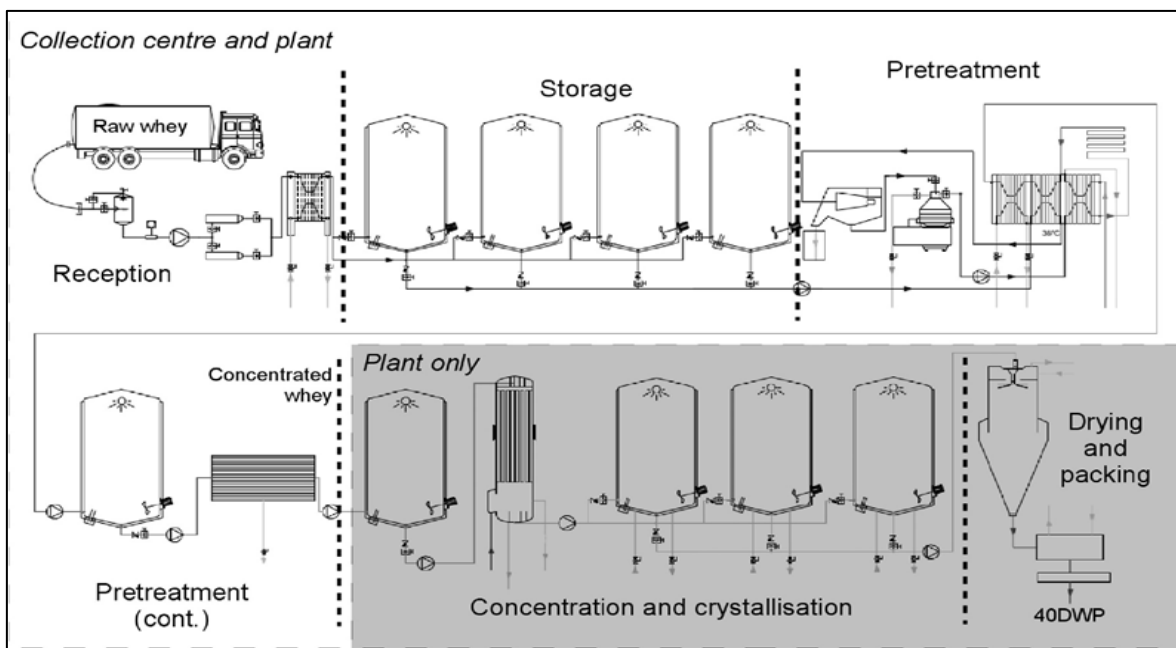


Figura 9 - Diagrama do processo para a produção de 40DWP. A concentração termina após a nanofiltração (Pré-tratamento) no canto inferior esquerdo do diagrama, com o soro de leite concentrado em 16% de sólidos totais. O produto final é soro de leite parcialmente desmineralizado em pó 40%, ou 40DWP.

Fonte: García-Flores et al. (2015).

Assim, duas situações de logística foram analisadas pelo modelo. A primeira implica na coleta de soro de leite nos municípios e destinação diretamente para unidades de secagem. A segunda, em pré-concentrar o soro de leite em locais intermediários (unidades de pré-concentração) e a partir desses locais enviá-los para as unidades de secagem.

A designação da disponibilidade e da localização dos volumes de soro de leite no *cluster* de produtores de queijos nas mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes do estado de MG é o ponto de partida para a elaboração de um estudo de viabilidade técnica e econômica referente ao processamento de soro de leite. A partir desses dados foram avaliadas, pelo modelo, alternativas logísticas e de localização para unidades de pré-concentração e de secagem de soro de leite.

Desta forma, foram consideradas as informações de 76 laticínios produtores de queijo localizados em 42 municípios, com uma produção diária total de 756,10 m³ de soro de leite.

Posteriormente foi utilizada uma matriz para o cálculo das distâncias entre os municípios, no modelo logístico. Para a realização do cálculo das distâncias foram utilizados os 42 municípios selecionados, assim como os dois municípios (Ponte Nova e Leopoldina)

que apresentavam as duas unidades de secagem instaladas, com capacidade ociosa de 400 m³ e 300 m³, respectivamente.

O volume de soro disponível e os respectivos municípios das mesorregiões Zona da Mata e Campos das Vertentes, considerados no modelo logístico, encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Volume de soro de leite (m³/dia) por municípios considerados no modelo.

Municípios	Volume (m ³ /dia)	Municípios	Volume (m ³ /dia)
Antônio Carlos	94,35	Alfredo Vasconcelos	5,00
São João Del Rei	87,00	Raul Soares	5,00
Lima Duarte	78,00	São João Nepomuceno	4,90
Lavras	70,00	Guarará	4,50
São João do Oriente	60,00	Carrancas	4,00
São Geraldo	49,00	Santa Rita de Ibitipoca	4,00
Nazareno	43,00	Além Paraíba	3,80
Rio Pomba	29,50	Carandaí	3,50
Belmiro Braga	28,00	Oliveira Fortes	3,00
São Tiago	26,30	Piau	3,00
Madre de Deus de Minas	21,00	Guiricema	2,80
Paula Cândido	20,70	Bias Fortes	2,60
Visconde do Rio Branco	14,00	Bicas	2,10
Mercês	13,20	Argirita	2,00
Muriaé	11,85	Teixeiras	1,80
Ubá	11,50	Guaraciaba	1,40
Luminárias	10,00	Santos Dumont	1,40
Tabuleiro	8,60	Dom Silvério	1,00
Faria Lemos	8,00	Guarani	1,00
Resende Costa	7,30	Miraí	1,00
Viçosa	6,00	Rodeiro	1,00

De acordo com a Tabela 12, em 4 municípios são gerados aproximadamente 43,5% do volume total de soro disponível na amostra de 76 empresas analisadas, 8 municípios geram em torno de 67,4% e 12 municípios geram 80,0%.

A Tabela 13 apresenta a lista dos 10 municípios pré-selecionados como candidatos a receber unidades de pré-concentração e de secagem pelo critério de maior volume produzido de soro de leite.

Tabela 13 - Municípios pré-selecionados como candidatos a receber unidades de pré-concentração e de secagem de soro.

Municípios	Volume m³/dia
Antônio Carlos	94,35
São João Del Rei	87,00
Lima Duarte	78,00
Lavras	70,00
São João do Oriente	60,00
São Geraldo	49,00
Nazareno	43,00
Rio Pomba	29,50
Belmiro Braga	28,00
São Tiago	26,30

A Figura 10 apresenta um mapa da região de estudo que mostra a localização de todos os municípios considerados no modelo. Os municípios pré-selecionados como candidatos a receber unidades de pré-concentração e de secagem de soro estão marcados em verde, os 2 municípios que possuem unidades de secagem de soro estão marcados em vermelho e os fabricantes de queijo estão marcados em amarelo.

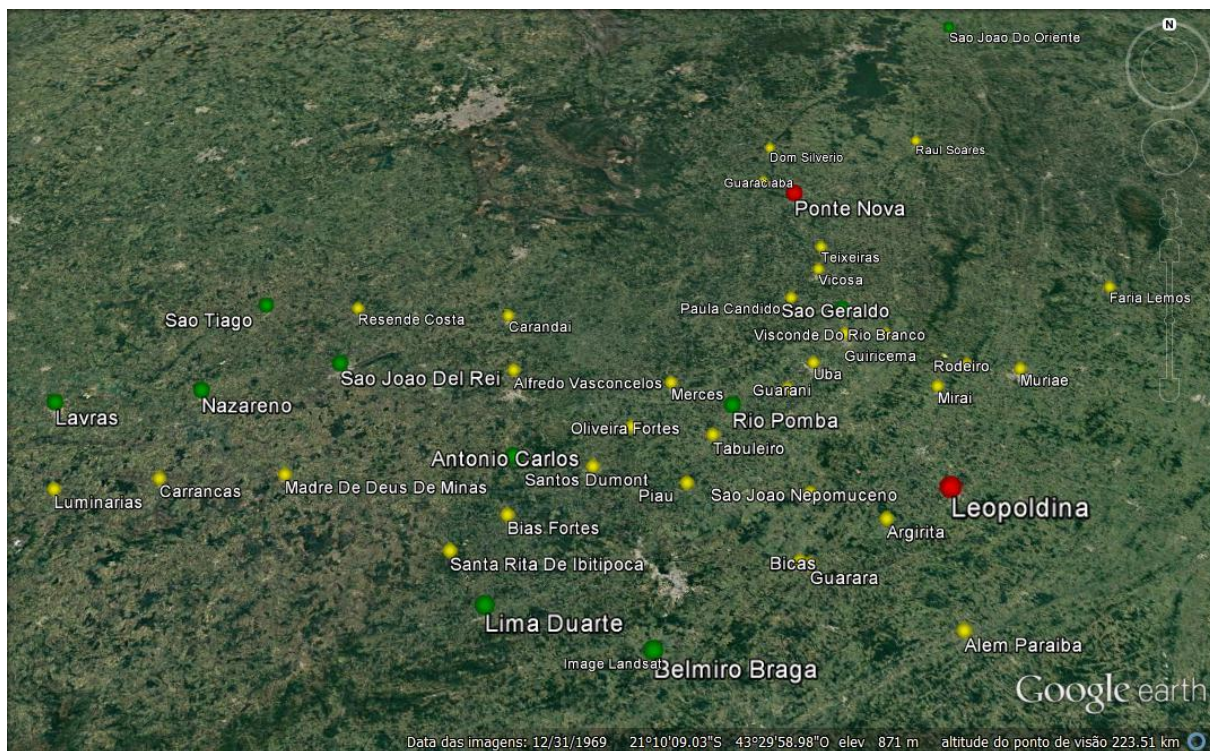


Figura 10 - Mapa da região de estudo com a localização de todos os municípios considerados no modelo.

Fonte: Google Earth.

O menu principal do modelo de otimização logística pode ser visto na Figura 11. A destacar os botões principais para inserir referências (Reference), inserir valores dos parâmetros utilizados no problema de otimização (Input), para executar o problema de otimização (Optimisation) e mostrar o resumo dos cálculos e resultados (Output).

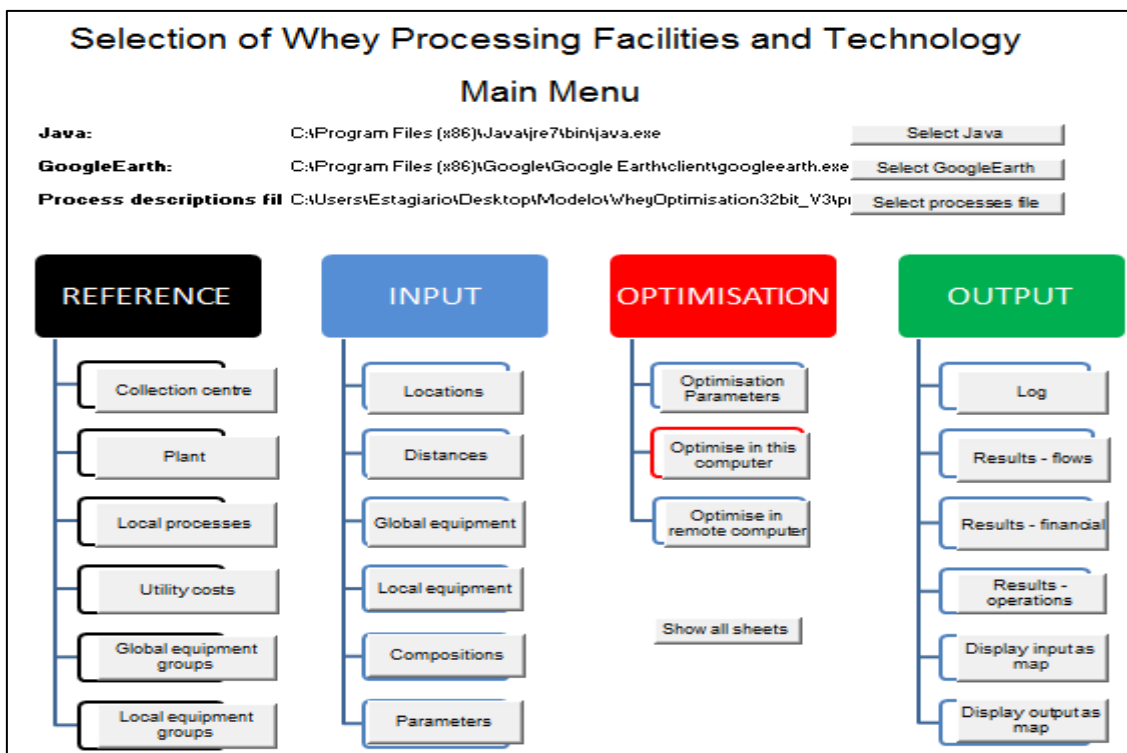


Figura 11 - Menu principal do modelo com botões agrupados por função.

O modelo apresenta os seguintes parâmetros de entrada, além dos já citados anteriormente de localização dos municípios e seus respectivos volumes de soro (mais detalhes sobre a formulação matemática completa do modelo e detalhes do cálculo podem ser encontrados em García-Flores et al., 2015):

- 1) Custos com equipamentos utilizados nas principais operações unitárias das unidades de pré-concentração (recepção, armazenamento e pré-tratamento) e secagem (concentração + cristalização e secagem + embalagem);
- 2) Composição e densidade (tonelada/m³) de todos os produtos de entrada e de saída das unidades de pré-concentração e de secagem, além dos preços de venda do soro de leite cru, pré-concentrado e do soro de leite em pó desmineralizado;
- 3) Custo de transporte do soro de leite em R\$/tonelada/km;
- 4) Capacidade mínima de operação (m³/dia) das unidades de pré-concentração e de secagem;

- 5) Dias trabalhados por ano pelas unidades;
- 6) Número de anos para o cálculo da análise financeira;
- 7) Custo de construção das unidades de pré-concentração e de secagem;
- 8) Número de horas por dia trabalhados nas unidades de pré-concentração e de secagem;
- 9) Investimento total disponível no *cluster* de produtores de queijos para estabelecer unidades de pré-concentração e de secagem.

As seguintes premissas foram consideradas no modelo: Em primeiro lugar, assumiu-se que o *cluster* já dispõe de terrenos para o estabelecimento de unidades de pré-concentração e de secagem. Em segundo lugar, assumiu-se que o *cluster* já possui duas unidades de secagem instaladas nos municípios de Ponte Nova e Leopoldina, operando com capacidade ociosa de 400 m³ e 300 m³, respectivamente. Por fim, a produção de soro de leite diário permanece constante ao longo do tempo para todos os fabricantes de queijo. Todas as premissas foram consideradas sensatas pelos especialistas.

Para o cálculo dos custos dos empreendimentos (construção e equipamentos), foram levantadas informações técnicas, com base na experiência de profissionais da área, de preços da empresa GEA⁽¹⁾ especializada no fornecimento de equipamentos para processamento em laticínios e de construção através do Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais (Sinduscon-MG⁽²⁾), além da pesquisa de campo em laticínios que possuem os processos de beneficiamento de soro de leite. Os preços utilizados no cálculo dos custos dos empreendimentos e o preço de venda do soro de leite são os que prevaleciam no mercado em novembro de 2014. Os valores de todos os outros parâmetros também foram revisados por consultores especializados e são aproximadamente corretos para o nosso melhor entendimento.

⁽¹⁾ Fonte: www.gea.com

⁽²⁾ Fonte: www.sinduscon-mg.org.br

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse capítulo está dividido em duas seções. Na primeira seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos através da pesquisa de campo, que envolveu a aplicação do questionário (Anexo A) em 76 laticínios produtores de queijo localizados em 42 municípios das mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes do estado de Minas Gerais. Na segunda seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos com o modelo de otimização logística.

5.1 Diagnóstico da produção e do aproveitamento do soro de leite

Esta seção está dividida em cinco partes de acordo com as variáveis do estudo que constam no questionário (Anexo A): dados das empresas, de captação de leite, do soro de leite, de transporte do soro de leite e informações complementares.

5.1.1 Dados das empresas

Conforme a Figura 12, de todos os laticínios entrevistados, o SIF (Serviço de Inspeção Federal) é o mais representativo dos tipos de Serviço de Inspeção, representando 64,5%, seguido do SIE (Serviço de Inspeção Estadual), com 22,4%, e do SIM (Serviço de Inspeção Municipal), com 13,2%. Tal realidade garante maior segurança e qualidade aos produtos comercializados, assim como ao soro produzido por esses laticínios, dado que grande parte possui o SIF, que apresenta requerimento mais abrangente e estrito. Não houve laticínios participantes da pesquisa sem o Serviço de Inspeção.

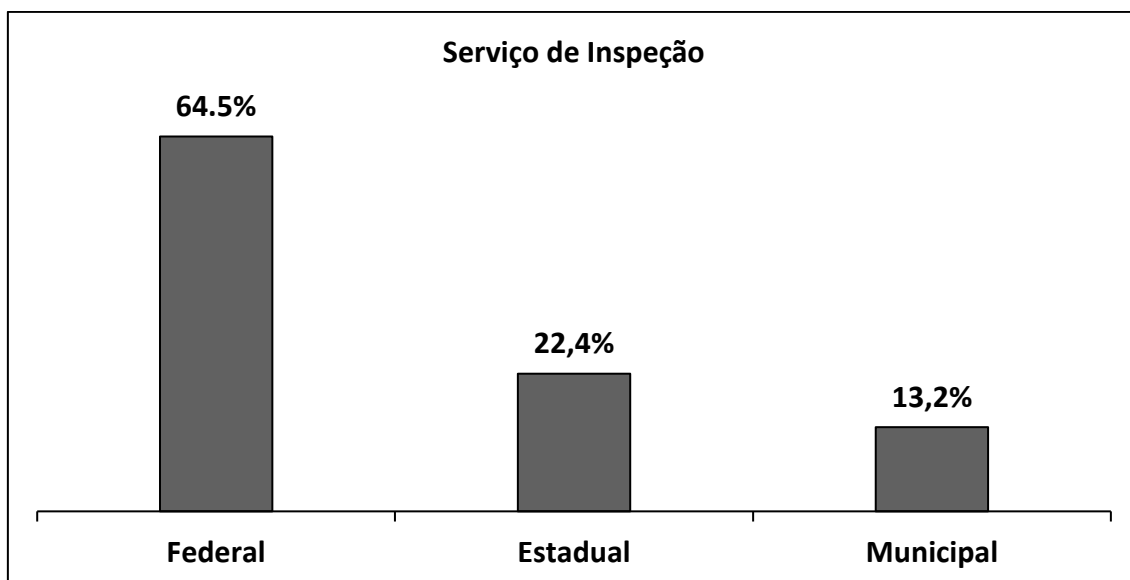


Figura 12 - Porcentagem de laticínios por tipo de Serviço de Inspeção.

De acordo com a Tabela 14, dos 76 laticínios que participaram da pesquisa, 52,6% empregam até 19 funcionários e são classificados quanto ao porte como (microempresa), 38,2% disseram ter entre 20 a 99 empregados (pequena empresa), 5,3% tinham de 100 a 499 empregados (média empresa) e 3,9% não responderam, não possuindo, assim, classificação quanto ao porte.

Um dos critérios de classificação do porte das empresas utilizado pelo Sebrae (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) é o critério por número de empregados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), onde microempresa é aquela que tem em seu quadro funcional até 19 empregados na indústria, enquanto pequena empresa de 20 a 99 empregados na indústria, média empresa emprega de 100 a 499 pessoas na indústria e, por fim, a grande empresa com mais de 500 empregados (SEBRAE, 2016).

Desta forma, observa-se um predomínio de MPEs (micro e pequenas empresas), que respondem por 90,8% do total dos laticínios entrevistados.

Tabela 14 - Classificação do porte dos laticínios participantes da pesquisa pelo critério de número de empregados.

Indústria	Quantidade	%	Porte
Com até 19 empregados	40	52,6	Microempresa
De 20 a 99 empregados	29	38,2	Pequena empresa
De 100 a 499 empregados	4	5,3	Média empresa
N/R	3	3,9	SC

N/R = não responderam

SC = sem classificação

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do Sebrae (2016).

5.1.2 Dados de captação de leite

Observa-se na Figura 13 que 44 laticínios (57,9%) possuem capacidade de processamento menor que 10.000 litros/dia, enquanto 13 laticínios (17,1%) possuem entre 10.000 a 20.000 litros/dia e 19 laticínios (25,0%) possuem acima de 20.000 litros/dia.

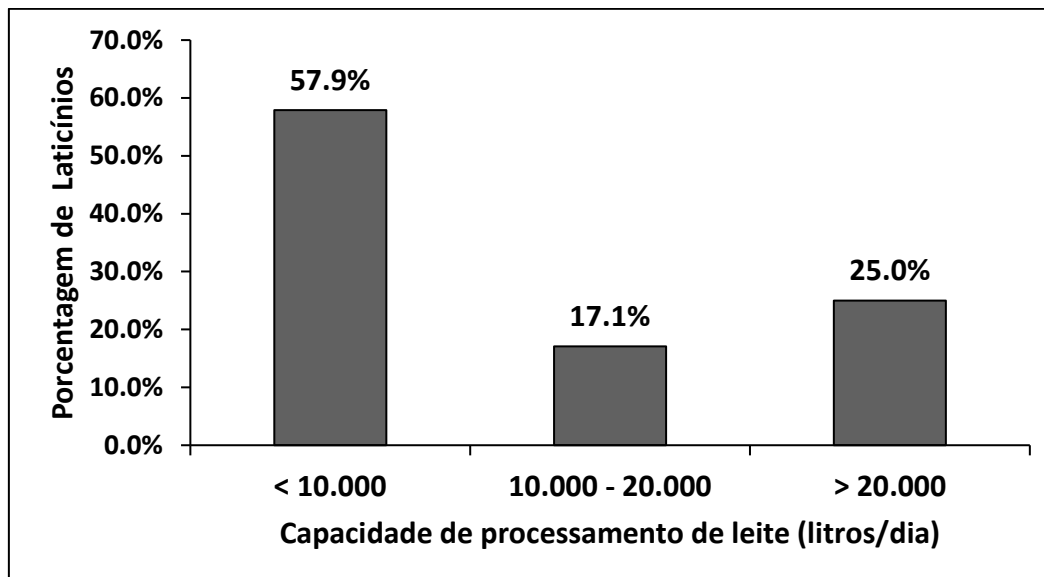


Figura 13 - Porcentagem de laticínios participantes da pesquisa segundo a capacidade de processamento de leite (litros/dia).

Os 76 laticínios em conjunto possuem uma capacidade de processamento de leite de aproximadamente 1.138.400 litros/dia. Em média, a capacidade de processamento de leite é de 14.979 litros/dia por laticínio. Outro aspecto relevante é a grande dispersão geográfica dos laticínios participantes da pesquisa, sendo que do total de 76 laticínios, 56 estão localizados

na Mesorregião Zona da Mata em 32 Municípios e 20 laticínios em 10 Municípios da Mesorregião Campo das Vertentes. Segundo Corrêa et al. (2010), existe uma grande dispersão geográfica dos produtores e uma extensa malha viária é percorrida diariamente na captação de leite, por isso a importância de ações estratégicas de logística, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a competitividade. Para o mesmo autor, através da logística pode-se regular as questões de suprimentos de produtos no que tange ao tempo e ao local correto, além de garantir aos mercados produtos de qualidade.

Em relação à capacidade de processamento de leite, de todos os 76 laticínios (1.138 mil litros/dia), constatou-se que 82,2% do leite é destinado à produção de queijo. Isso demonstra que o queijo é o principal derivado lácteo produzido por esses laticínios representando, assim, uma produção significativa de soro de leite. A maioria dos laticínios (71,1%) tem perspectiva de aumentar o volume de leite processado nos próximos cinco anos, elevando, como consequência, a produção de queijo e de soro de leite.

Todos os 76 laticínios que participaram da pesquisa relataram realizar algum tipo de análise de qualidade no leite, conforme mostra a Figura 14. Os principais testes realizados no leite por mais de 70% dos laticínios são: acidez (85,5%), densidade (77,6%), Contagem de Células Somáticas – CCS (76,3%), Contagem Bacteriana Total – CBT (76,3%) e antibiótico (71,1%). Outros tipos de testes com 3,9% são os menos realizados, seguido do Califórnia Mastite Teste (CMT) com 39,5%.

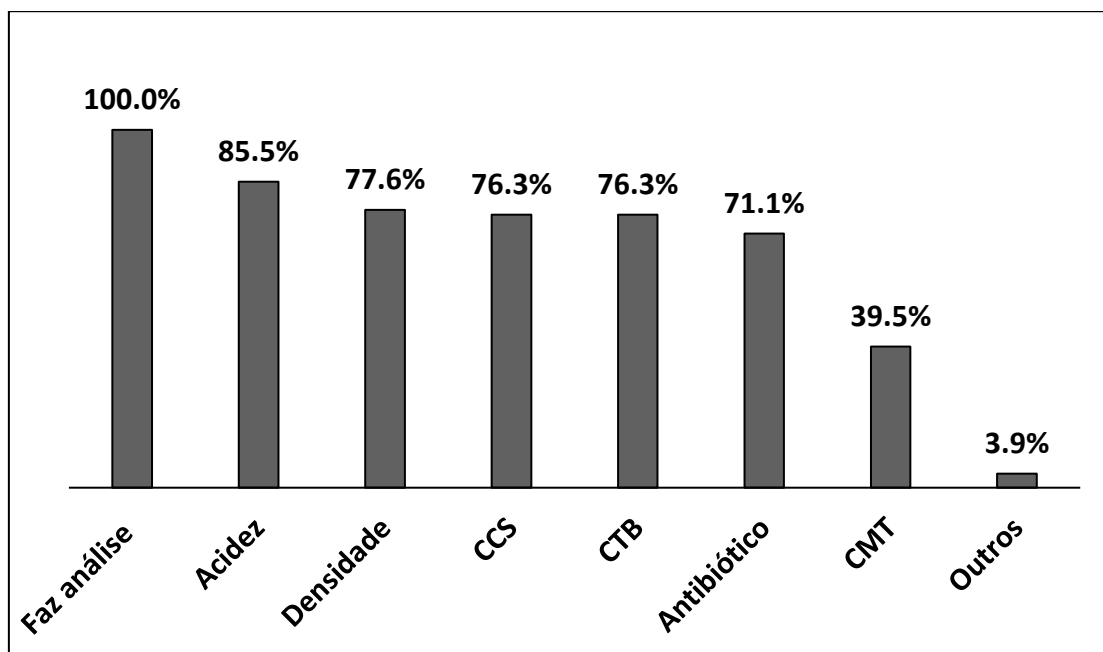


Figura 14 - Porcentagem de laticínios que realizam análises de qualidade no leite.

A análise do leite pelos laticínios é muito importante para a qualidade dos produtos que serão comercializados, em especial do queijo, principal produto desses laticínios e, conseqüentemente, do soro de leite, resultante da sua fabricação.

Segundo Tôrres Filho et al. (2014), o leite de melhor qualidade é aquele obtido de animais sadios, nas melhores condições de higiene, com o seu resfriamento logo após a ordenha, direcionado para a industrialização, sem contaminações nem adulterações, e no menor espaço de tempo. O leite é transportado em caminhões-tanque isotérmicos e ao chegar à plataforma de recepção de laticínio são coletadas amostras individuais para a realização de análises de controle de qualidade.

O leite é submetido a análises por parte dos laticínios, conforme as normas vigentes, para garantir produtos lácteos seguros para a população. Por exemplo, os laticínios que possuem SIF deverão seguir os procedimentos específicos para controle de qualidade do leite do MAPA, que consta na Instrução Normativa Nº 62, de 29 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011b).

5.1.3 Dados do soro de leite

A Figura 15 mostra a porcentagem de laticínios pelo volume produzido de soro de leite (litros/dia). Constatou-se que a maioria dos laticínios 72,4% possuem uma produção de soro de leite menor que 10.000 litros/dia, enquanto 9,2% possuem uma produção entre 10.000 a 20.000 litros/dia e 18,4% possuem uma produção de soro acima de 20.000 litros/dia.

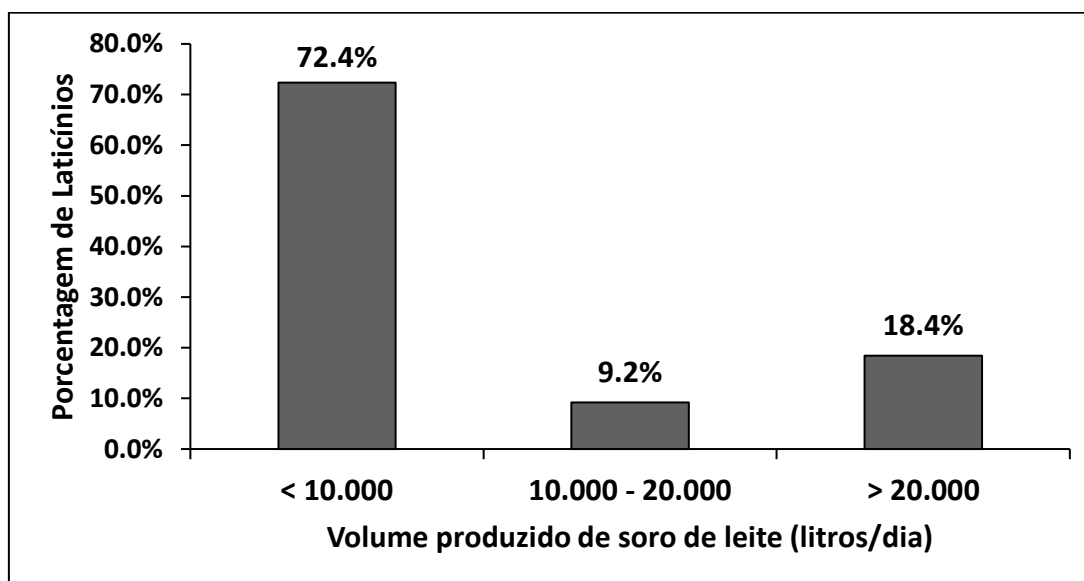


Figura 15 - Relação de laticínios por volume produzido de soro (litros/dia).

Os 76 laticínios em conjunto produzem 756.100 litros/dia de soro de leite. Em média, a capacidade de gerar soro de leite é de aproximadamente 9.949 litros/dia por laticínio. Observa-se a pulverização da produção, com vários laticínios, cada uma produzindo pequenas quantidades de soro de leite (menor que 10.000 litros/dia). De acordo com Cortez (2013), em uma estrutura de produção pulverizada, a armazenagem, a coleta e o transporte do soro para uma central de processamento é condição fundamental para seu aproveitamento.

Foram identificados diferentes tipos de queijos produzidos pelos laticínios participantes da pesquisa, porém na Figura 16 são apresentados apenas os que foram mais citados. O minas frescal está entre os queijos mais produzidos, sendo citado por 64,5% dos entrevistados, seguido do mussarela que foi citado por 60,5%, o minas padrão com 35,5%, o prato com 22,4%, a ricota com 15,8% e, por último, o requeijão com 14,5%. A partir disso, os laticínios indicaram o tipo de coagulação utilizada para obtenção dos queijos que mais produzem, o que pode ser visto na Tabela 15.

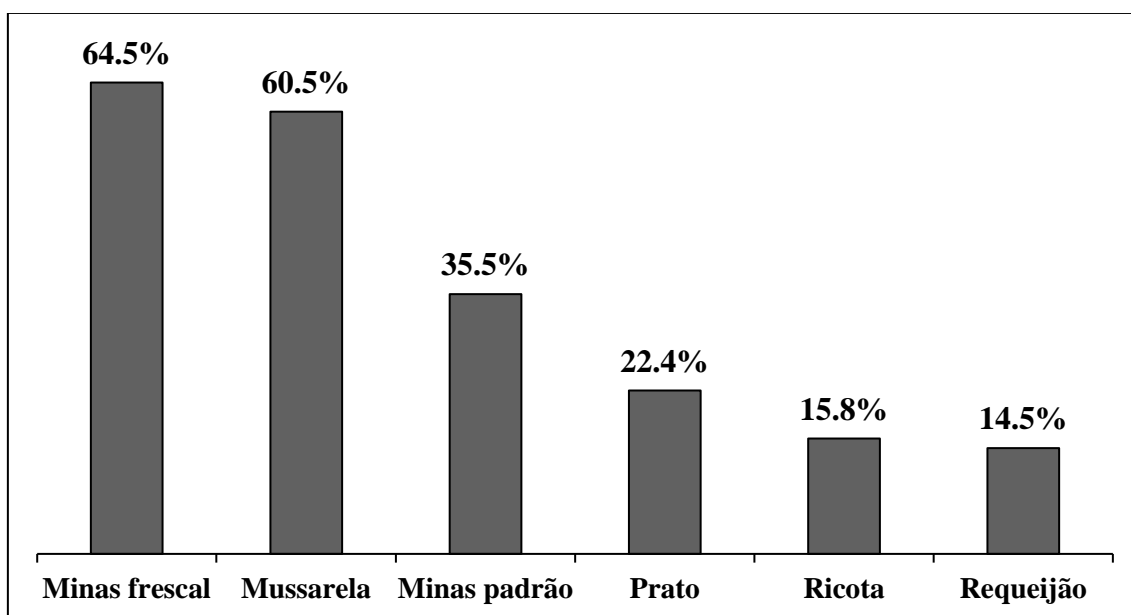


Figura 16 - Porcentagem dos laticínios em relação aos tipos de queijos que mais produzem.

Tabela 15 - Porcentagem dos laticínios por tipo de coagulação utilizada para obtenção dos principais queijos.

Tipo de queijo	Enzimática	Cultura Lática	Ácido Lático
Minas frescal	43,4%	7,9%	23,7%
Mussarela	51,3%	13,2%	1,3%
Minas padrão	30,3%	11,8%	1,3%
Prato	15,8%	9,2%	0,0%
Ricota	1,3%	0,0%	15,8%
Requeijão	3,9%	3,9%	7,9%

Observa-se na Tabela 15 que o tipo predominante de coagulação é a enzimática nos queijos que são mais produzidos (Minas Frescal, Mussarela, Minas padrão e Prato), enquanto os queijos menos produzidos (Ricota e Requeijão) são oriundos principalmente da coagulação ácida. Assim, podemos concluir que a produção dos laticínios participantes da pesquisa é predominantemente de soro doce, que é oriundo da fabricação de queijos por coagulação enzimática.

Tal constatação está de acordo com o trabalho já citado na Revisão da Literatura de Carvalho et. (2007), que apontaram que no Brasil o tipo quase que exclusivo de soro é o doce, resultante da produção de queijos (Mussarela, Prato, Minas Frescal, Meia-cura e outros), que são os mais consumidos no país, obtidos por coagulação enzimática. E o soro ácido, proveniente de queijos de menor consumo (Ricota e Requeijão), que são obtidos por coagulação ácida.

De todos os laticínios entrevistados, 31,6% realizam adição de sal no leite para elaboração de queijos, gerando, assim, o soro de leite salgado. A salga possui grande importância dentre as várias etapas da fabricação de queijos, visto que o sal (NaCl) possui diversas funções nos queijos, como: controle do desenvolvimento microbiano, regulação dos processos bioquímicos (enzimas) e físico-químicos, durabilidade, sabor, entre outros (PAULA et al., 2009). Os procedimentos mais usuais de salga são: no leite, na massa, a seco e em salmoura (PAULA et al., 2009). Segundo Fagnani (2016), os sais utilizados na salga durante a produção de queijos acabam incorporados ao soro, o que acaba limitando sua utilização, porém o problema pode ser contornado com a nanofiltração. Esse processo realiza a desmineralização do soro de leite e o resultado é o soro sem sais minerais, tais como: sais de sódio, potássio, magnésio, carbonatos e outros (FAGNANI, 2016).

A realização de algum tipo de análise no soro gerado é uma prática seguida por 52,6% dos estabelecimentos entrevistados, enquanto 43,4% das empresas não faz qualquer tipo de análise e 3,9% não responderam à pergunta, como pode ser visto na Figura 17. A grande quantidade de laticínios que não faz qualquer tipo de análise no soro de leite (43,4%) se deve ao fato que o soro gerado pelos mesmos deverá ser em grande parte destinado à alimentação animal, para tratamento de efluentes ou descartado no meio ambiente sem qualquer tratamento.

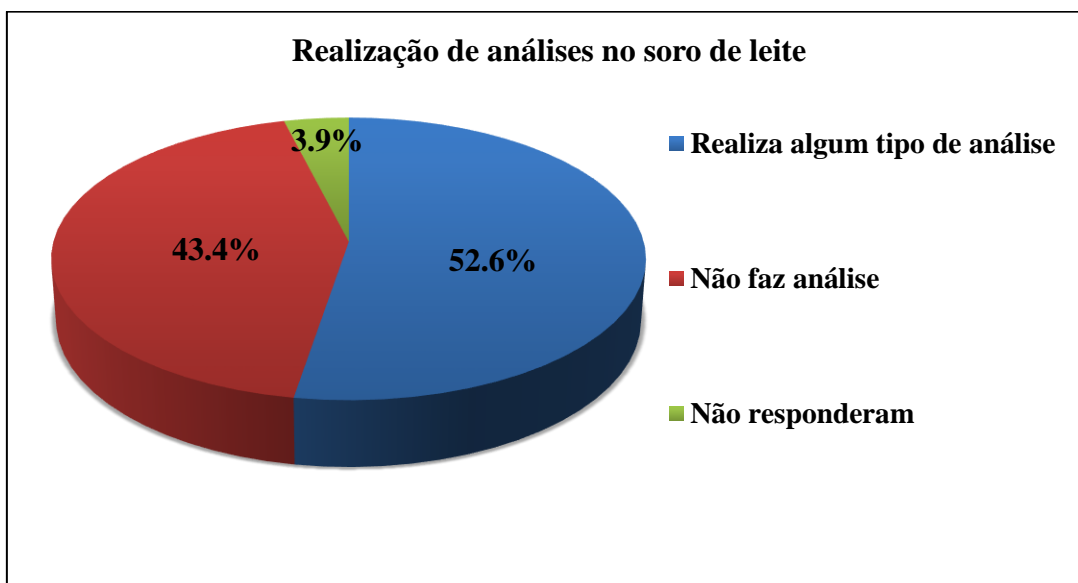


Figura 17 - Realização de análises no soro de leite.

De acordo com a Figura 18, as principais análises realizadas no soro de leite que foram relatadas pelos laticínios foram: acidez (48,7%), gordura (43,4%) e pH (30,3%). As menos citadas foram sólidos totais (11,8%), proteína (9,2%), antibiótico (5,3%), sensorial (5,3%), lactose (2,6%) e outras (1,3%).

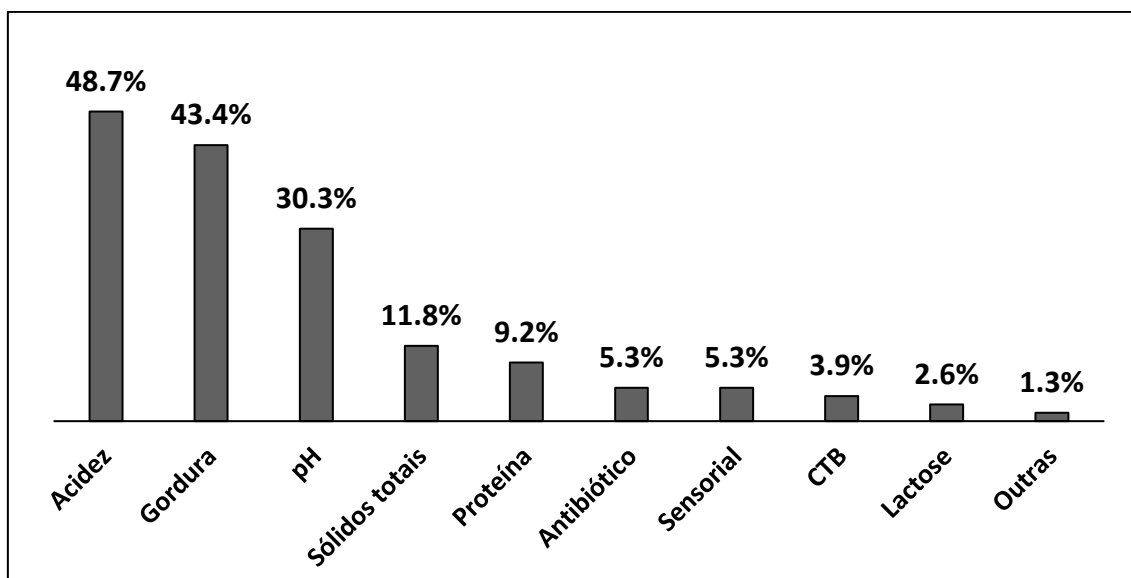


Figura 18 - Porcentagem de empresas em relação aos principais tipos de análises realizadas no soro de leite.

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite (BRASIL, 2013), o soro de leite ou soro doce líquido, que é o predominante produzido pelos laticínios participantes da pesquisa, precisa seguir alguns requisitos, tais como: características sensoriais (aspecto, cor, odor e sabor), características físico-químicas (pH, acidez titulável em ácido láctico, sólidos totais, neutralizantes de acidez e reconstituintes de densidade), critérios macroscópicos e microscópicos (o produto não deverá conter substâncias estranhas de qualquer natureza) e critérios microbiológicos (soro de leite pasteurizado, concentrado e os vários tipos de soro de leite em pó). Assim, as análises mais citadas pelos laticínios foram as físico-químicas: acidez (48,7%), gordura (43,4%) e pH (30,3%). Isso se deve ao fato desses laticínios terem alguma preocupação em relação à qualidade do soro, com intuito de aproveitá-lo para elaboração de outros produtos, vender para terceiros ou destinar para alimentação animal.

No Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite (BRASIL, 2013), não existem requisitos microbiológicos para o soro de leite cru, somente para o soro de leite pasteurizado, concentrado e para os vários tipos de soro de leite em pó.

De acordo com as Figuras 17 e 18, constata-se que muitos laticínios entrevistados ainda não realizam controle de qualidade no soro, tornando-se necessário investir em programas de qualidade para garantir produtos com maior segurança para o consumidor e com maior validade comercial.

Foi constatado que apenas 34,2% das empresas participantes da pesquisa realizavam o armazenamento do soro, como mostra a Figura 19, sendo o soro armazenado principalmente em tanques de resfriamento (21,1%), tanques comuns (6,6%), caixas (3,9%), galões (1,3%). Pequena parcela não respondeu à pergunta (1,3%).

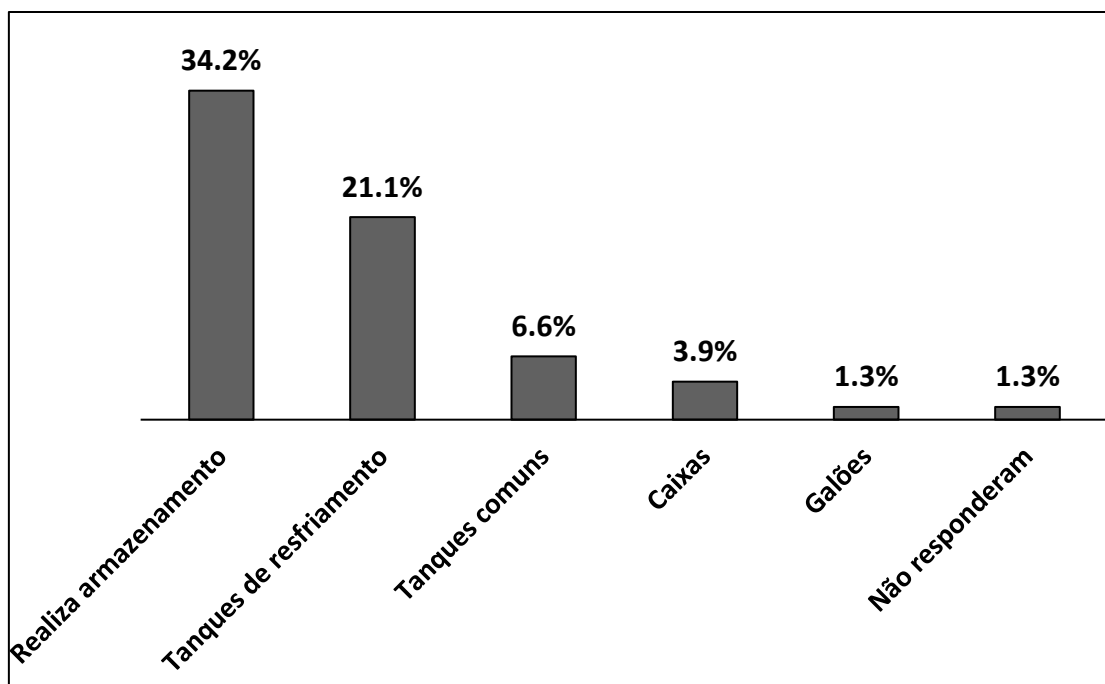


Figura 19 - Porcentagem de laticínios que realizam armazenamento do soro e como é armazenado.

Os laticínios que possuem tanques de resfriamento (21,1%) para estocagem do soro relataram que armazenam a temperaturas que variam de 2 a 7 °C. Para o tempo de armazenamento do soro de leite, os laticínios citaram valores que variam de 2 a 72h. Apenas um laticínio citou que realiza o armazenamento do soro de leite por até 96h, porém o mesmo realiza a sua concentração. Assim, tais valores estão dentro do estabelecido pela legislação (BRASIL, 2013), que determina que o tempo transcorrido entre a obtenção do soro refrigerado até o início do seu processamento industrial deve ser no máximo 72 (setenta e duas) horas, e o tempo transcorrido entre a obtenção do soro termicamente tratado, pasteurizado ou concentrado até o início do seu processamento industrial deve ser no máximo 96 (noventa e seis) horas.

Os laticínios que realizam o armazenamento do soro em tanques comuns (6,6%), caixas (3,9%) e galões (1,3%) fazem o armazenamento a temperatura ambiente, ou seja, sem

gasto de energia. Esses laticínios, além de não realizarem o resfriamento do soro, também não realizam a pasteurização e a concentração.

Observou-se que a capacidade instalada de armazenamento do soro é muito variável, sendo citados pelos laticínios valores entre 1.000 a 53.000 litros.

Das empresas participantes da pesquisa que realizam o armazenamento do soro (34,2% do total), a maioria (76,9%) realiza a higienização frequente do tanque de armazenamento do soro. Para a elaboração de produtos a partir do soro de leite, as práticas de higiene devem estar de acordo com o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênic-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos (Brasil, 2013), em que as matérias-primas devem ser armazenadas em condições que garantam a proteção contra a contaminação e reduzam ao mínimo os danos e deteriorações.

De acordo com Cortez (2013), para o aproveitamento do soro de leite é necessário assegurar a qualidade físico-química e microbiológica, que dependem diretamente das condições de higiene do laticínio e dos funcionários, do processamento do queijo, da rapidez do resfriamento do soro após sua obtenção e da sua pronta utilização.

De todos os laticínios entrevistados, 46,1% produzem o queijo ricota, lembrando que o soro de leite é a principal matéria-prima para a sua produção. Como já visto na Figura 16, a produção de ricota, que é um dos queijos menos produzidos pelos laticínios participantes da pesquisa e também um queijo de menor consumo no Brasil, é obtida por coagulação ácida, gerando, assim, o soro de leite ácido. Os laticínios relataram que o soro de leite ácido gerado da fabricação de ricota possui como principal destino a alimentação animal.

A produção de ricota não requer equipamentos adicionais para sua elaboração, sendo uma das formas mais simples e econômicas de aproveitamento do soro de leite, isto pode ser uma explicação para aproximadamente metade dos laticínios participantes da pesquisa a produzirem, além das vantagens de minimizar o descarte do soro de leite e aproveitar as suas proteínas.

A Figura 20 mostra a porcentagem de laticínios segundo a principal destinação dada ao soro. A destinação predominante verificada é a alimentação animal (72,4%), seguida da elaboração de outros produtos (11,8%), venda a terceiros (9,2%), tratamento de efluentes (5,3%) e descarte no meio ambiente (1,3%).

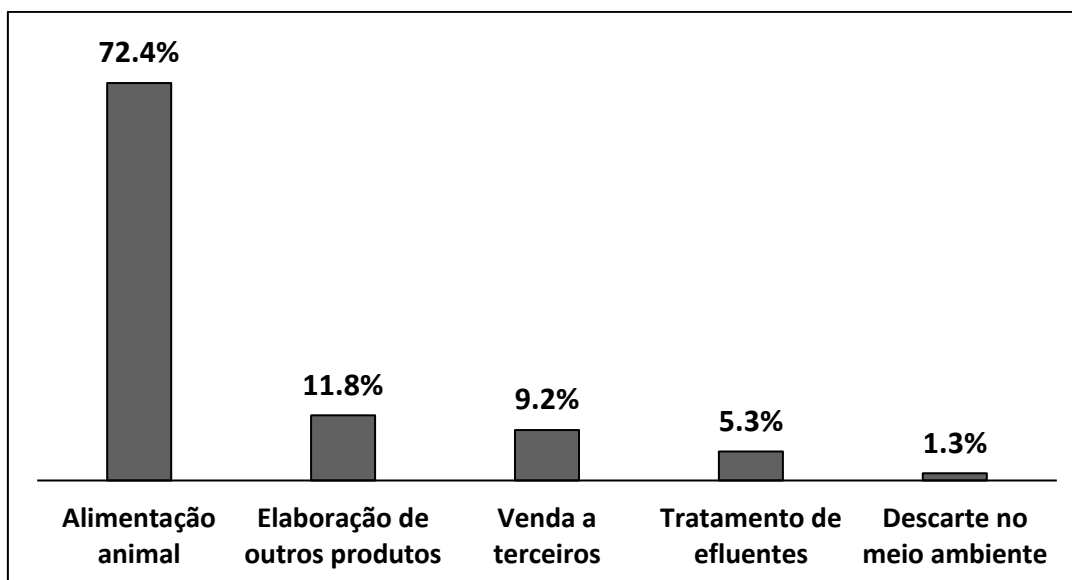


Figura 20 - Porcentagem de laticínios segundo a principal destinação dada ao soro de leite.

A porcentagem de laticínios que descartam o soro no meio ambiente aparece em último lugar com 1,3%, esse fato pode ser decorrente do receio de alguns laticínios em responder que destinam o soro diretamente no meio ambiente sem qualquer tratamento, o que é proibido pela legislação ambiental. Outra razão de tal verificação pode decorrer de um maior investimento por parte dos laticínios na elaboração de outros produtos a partir do soro, bem como o maior interesse de empresas em comprar o soro, reduzindo, assim, a quantidade de laticínios que o descarta no meio ambiente.

Dos laticínios que vendem o soro para terceiros (9,2%), o preço relatado de venda do soro de leite cru variou entre R\$ 0,05 e R\$ 0,09.

Observa-se um baixo aproveitamento industrial do soro de leite, apenas 11,8% dos laticínios relataram ter como principal destinação do soro a elaboração de outros produtos, basicamente limitado à fabricação de ricota e de bebidas lácteas.

Segundo Baldasso (2011), o mais comum no Brasil ainda é o uso do soro na alimentação animal ou seu tratamento como efluente, em sequência o seu aproveitamento pelos laticínios principalmente para produção de ricota, bebidas lácteas e um pequena parte que é seco.

Os resultados mostraram que 78,9% dos laticínios têm conhecimento das aplicações do soro como ingrediente na indústria, principalmente no uso em bebida láctea e/ou ricota, e uma pequena parte como soro em pó. Esse grande número de laticínios participantes da pesquisa que relataram possuir conhecimento em relação às alternativas de aproveitamento do

soro pode ser um indicativo da pequena quantidade de laticínios que destinam o soro de leite para o seu tratamento como efluente ou descartam sem tratamento no meio ambiente, como observado na Figura 20.

5.1.4 Transporte do soro de leite

Em relação à porcentagem de laticínios segundo o tipo de transporte utilizado no soro de leite, em 15,8% o transporte é realizado por empresas compradoras de soro, 13,2% possuem o próprio transporte e em 3,9% o transporte é feito por empresas contratadas. A capacidade de transporte em litros do soro de leite relatada pelos laticínios variou entre 1.000 a 26.000 litros.

Quanto à porcentagem de laticínios segundo a distância do local de produção até o destino final do soro de leite, em 11,8% dos laticínios entrevistados a distância é menor que 50 km, em 2,6% entre 50 a 100 km e em 7,9% acima de 100 km.

Os laticínios em que o soro precisa percorrer as maiores distância até o destino final com certeza terão maiores custos logísticos. A proximidade da unidade industrial, considerando tratar-se de uma matéria-prima perecível, caso do soro de leite, além de reduzir custos, garante maior qualidade do produto final. Sendo assim, esforços podem ser feitos pelas empresas para reduzir custos e tornar mais eficiente a logística de armazenamento, processamento e transporte, adotando iniciativas tais como: o armazenamento do soro em tanques de resfriamento e o seu transporte em tanques isotérmicos, a roteirização, a localização das unidades processadoras de soro, entre outros.

Em 19,4% dos estabelecimentos entrevistados, a frequência de transporte do soro é todos os dias, em 1,3% a frequência de envio do soro é 2 vezes por semana e em 1,3% a frequência de transporte do soro é 3 vez por semana. Segundo Cortez (2013), seria adequado o transporte diário do soro, caso o volume seja suficiente para otimizar o uso do transporte, pois descartaria a necessidade de armazenamento nos laticínios (pontos de coleta). Entretanto, caso sejam instaladas estruturas para armazenamento do soro adequadas, em que a coleta intermitente seja viável, minimizaria em muito os custos de coleta.

5.1.5 Informações complementares

Dos 76 laticínios participantes do questionário, 71,1% expressaram estar dispostos a vender o soro de leite, como mostra a Figura 21. A maioria dos laticínios demonstrou predisposição a associar-se com outros, 72,4%, para formar um centro de coleta de soro de leite e 68,4% para formar uma unidade de concentração de soro de leite, conforme mostra a Figura 21.

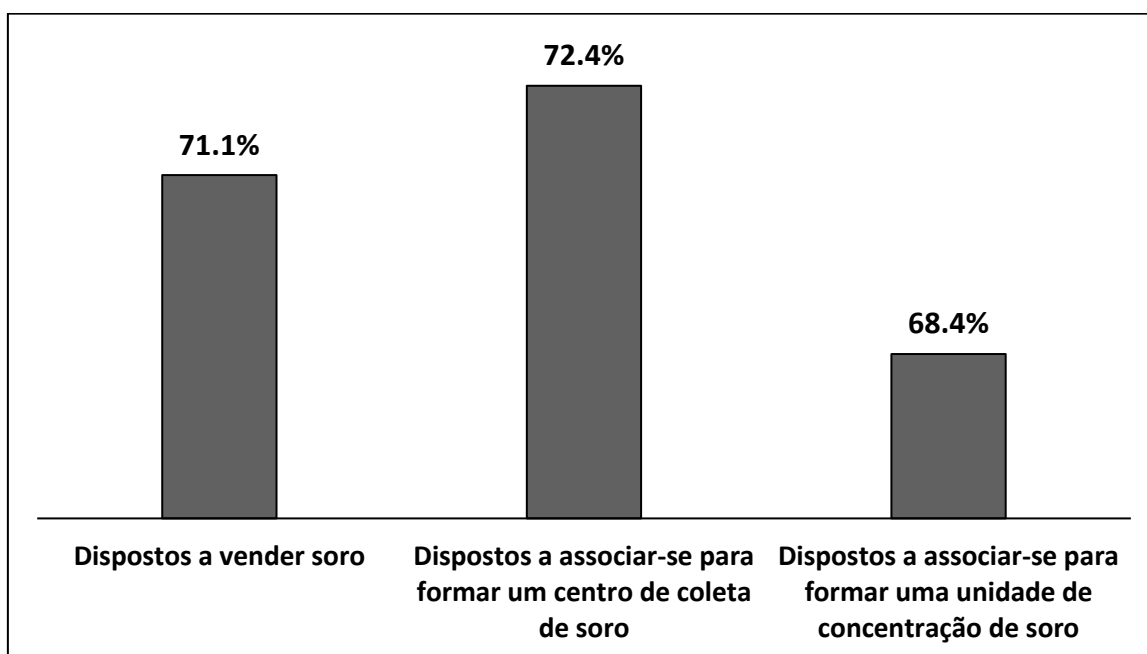


Figura 21 - Laticínios com predisposição a vender soro de leite e a associar-se com outros.

De todos os laticínios entrevistados, 64,5% relataram que deixariam de utilizar nitratos, amido, corantes, etc. e implementariam ações para ter um soro de qualidade, com objetivo de agregar valor ao produto. Já 63,2% expressaram que evitariam a salga direta do leite no processo de elaboração de queijos, para viabilizar o aproveitamento do soro.

5.2 Modelo de otimização logística

O modelo buscou simular cenários com base na análise logística e de viabilidade técnica e econômica para a identificação da rede logística mais adequada para o *cluster* de produtores de queijo estudado, localizado nas mesorregiões Zona da Mata e Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais.

A seguir apresenta-se o cenário base para a rede logística de soro do *cluster* e outros cenários variando o investimento total e o custo de transporte.

5.2.1 Cenário base

O cenário base utilizado no modelo teve como parâmetros principais: custo de transporte de soro de leite de R\$ 0,50/ton/km, horizonte de tempo de 10 anos para o cálculo de análise financeira com 360 dias trabalhados por ano e 20 horas por dia, preço de venda do soro de leite em pó desmineralizado de R\$ 3.300,00 por tonelada e investimento de R\$ 55.000.000,00. A capacidade de processamento de soro de leite das unidades de pré-concentração e de secagem são respectivamente 100 m³/dia e 300 m³/dia. A Tabela 16 mostra resumidamente alguns parâmetros citados acima e outros que foram utilizados no modelo para o cálculo do cenário base.

Tabela 16 - Parâmetros utilizados no modelo para o cálculo do cenário base.

Parâmetros base	Valor	Unidade
Custo de transporte ⁽¹⁾	0,50	R\$/ton/km
Capacidade mínima da unidade de pré-concentração ⁽¹⁾	5,00	m ³ /dia
Capacidade mínima da unidade de secagem ⁽¹⁾	5,00	m ³ /dia
Dias trabalhados por ano ⁽¹⁾	360,00	dia/ano
Número de anos para a análise financeira ⁽¹⁾	10,00	Ano
Custo de construção das unidades de pré-concentração	411.195,75	R\$
Custo de construção das unidades de secagem	1.841.175,00	R\$
Números de horas de trabalho nas unidades ⁽¹⁾	20,00	horas/dia
Investimento	55.000.000,00	R\$
Custo de equipamentos das unidades de pré-concentração	5.728.250,00	R\$
Custo de equipamentos das unidades de secagem	19.622.000,00	R\$
Preço de venda do soro de leite cru ⁽²⁾	70,00	R\$/ton
Preço de venda do soro de leite pré-concentrado ⁽²⁾	970,00	R\$/ton
Preço de venda do soro de leite em pó desmineralizado ⁽³⁾	3.300,00	R\$/ton

Média em novembro de 2014 da cotação do Dólar = R\$ 2,50⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Fonte: Garcia-Flores et al. (2015)

⁽²⁾ Fonte: www.milkpoint.com.br

⁽³⁾ Fonte: www.laticiniosportoalegre.com.br

⁽⁴⁾ Fonte: www.bcb.gov.br

Na Figura 22, apresenta-se a configuração da rede logística para o cenário base calculado no modelo utilizando os parâmetros listados anteriormente.

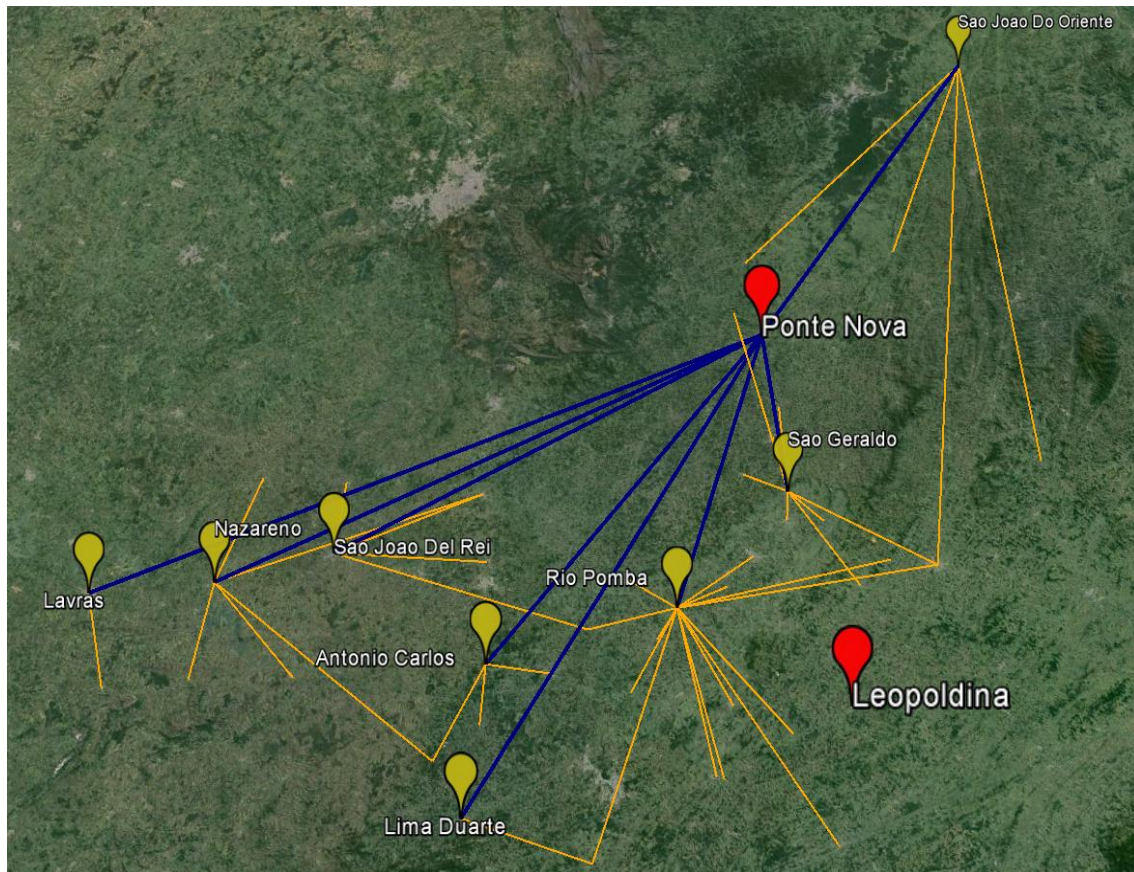


Figura 22 - Configuração da rede logística para o cenário base com investimento total de R\$ 55.000.000,00. As unidades de secagem estão marcadas de vermelho e as de pré-concentração de verde. As rotas de transporte das queijarias para as unidades de pré-concentração estão marcadas de laranja e das unidades de pré-concentração para as unidades de secagem estão marcadas de azul.

Ao longo do horizonte de tempo de 10 anos, o período necessário para recuperar o investimento do *cluster* é de 2,9 anos. No modelo já estão inclusos os 2 municípios Ponte Nova e Leopoldina, que possuem unidades de secagem de soro de leite com capacidade ociosa. Porém, a opção mais viável sugerida pelo modelo é o envio de todo soro pré-concentrado do *cluster* para a unidade de Ponte Nova. Assim, a capacidade ociosa de Ponte Nova é capaz de processar todo o soro pré-concentrado do *cluster*, não sendo viável o envio de soro para Leopoldina.

O modelo sugere como unidades de pré-concentração Antônio Carlos, São João Del Rei, Lima Duarte, Lavras, São João do Oriente, São Geraldo, Nazareno e Rio Pomba, que são os oito maiores municípios produtores de soro na lista de dez candidatos a receber unidades de pré-concentração e de secagem.

Martins et al. (2013) avaliaram a viabilidade técnica e econômica para a formação da cadeia de valor do soro de leite, utilizando informações coletadas em fevereiro de 2009 em 92 laticínios produtores de queijos localizados em 52 municípios das mesorregiões Zona da Mata, Campo das Vertentes e Sul de Minas Gerais e com produção total diária de 702.247 litros de soro. Os autores utilizaram critérios lógicos e financeiros, identificando que o modelo mais adequado deveria contemplar a localização das unidades de pré-concentração nos municípios de Antônio Carlos, Entre Rios de Minas, Juiz de Fora e Guiricema, enquanto as unidades de secagem estariam em Antônio Carlos e Guiricema.

Apesar de não terem sido construídas unidades de secagem nos locais sugeridos por Martins et al. (2013), há de se considerar que o *cluster* necessitava de unidades de secagem para atender a disponibilidade de soro. Comparando-se os locais sugeridos para instalação de unidades de pré-concentração e de secagem no trabalho de Martins et al. (2013) e no presente trabalho, nota-se a sugestão de um mesmo local para construção de uma unidade de pré-concentração no município de Antônio Carlos. Portanto, a recomendação da construção de uma unidade de pré-concentração nesse município deve ser tratada como prioridade pelos entes públicos e privados.

5.2.2 Cenários com a mudança do investimento total em relação ao cenário base

O resultado da Figura 23 mostra que a configuração da rede logística não foi alterada em função do aumento do valor de investimento total, tanto para R\$ 57.500.000,00 como para R\$ 60.000.000,00, e a diferença em relação ao cenário base de investimento total de R\$ 55.000.000,00 é que o modelo sugere a construção de uma unidade adicional de pré-concentração em Belmiro Braga, ou seja, totalizando nesses cenários nove unidades de pré-concentração.

Para esses cenários, o modelo propõe também como opção viável o envio do soro da unidade adicional de pré-concentração em Belmiro Braga para a unidade de secagem em Leopoldina, que também está operando com capacidade ociosa.

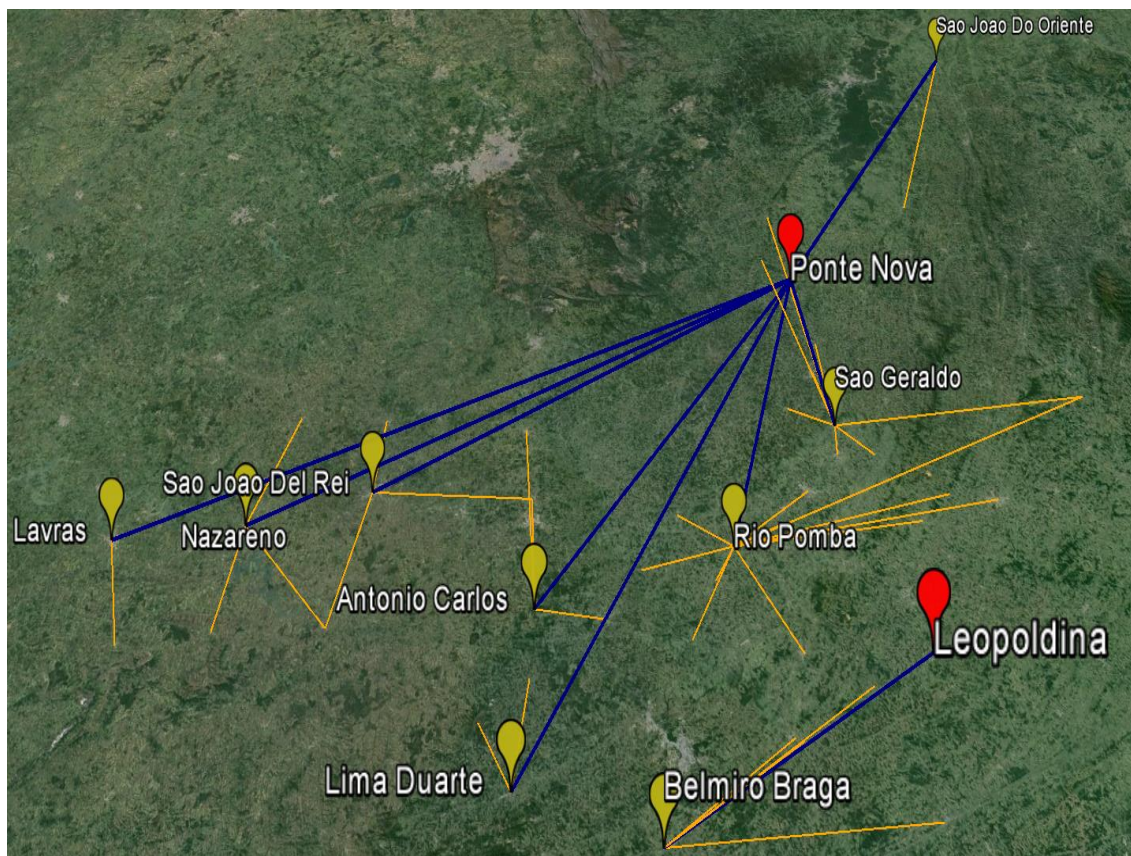


Figura 23 - Configuração da rede logística com investimento total de R\$ 57.500.000,00 e R\$ 60.000.000,00. As unidades de secagem estão marcadas de vermelho e as de pré-concentração de verde. As rotas de transporte das queijarias para as unidades de pré-concentração estão marcadas de laranja e das unidades de pré-concentração para as unidades de secagem estão marcadas de azul.

Portanto, qualquer aumento no investimento total acima de R\$ 57.500.000,00 não se traduzirá em mudanças na configuração da rede logística apresentada na Figura 22.

O tempo necessário para recuperação do investimento calculado pelo modelo será de 2,87 anos para os cenários com investimento total de R\$ 57.500.000,00 e R\$ 60.000.000,00. Logo, qualquer aumento no investimento total acima de R\$ 57.500.000,00 não se traduzirá em mudanças no tempo necessário para recuperação do capital investido.

5.2.3 Cenários com a mudança do custo de transporte em relação ao cenário base

Os resultados para os cenários com a mudança do custo de transporte em R\$ 0,25/tonelada/km e R\$ 0,75/tonelada/km em relação ao cenário base de R\$ 0,50/tonelada/km, não propiciaram alterações nas unidades de pré-concentração e de secagem sugeridos pelo modelo.

A Tabela 17 mostra o tempo necessário para recuperação do investimento calculado pelo modelo, em relação à variação do custo de transporte e do preço de venda do soro de leite pré-concentrado. O tempo necessário para recuperação do investimento aumenta com a elevação dos custos de transporte, especialmente para os preços baixos de soro de leite pré-concentrado.

Tabela 17 - Retorno do investimento em anos em função do custo de transporte e do preço de venda do soro de leite pré-concentrado.

Tempo de retorno do investimento (anos)			
Preço de venda			
Transporte	R\$ 870/ton	R\$ 970/ton	R\$ 1.070/ton
R\$ 0,25/ton/km	2,64	2,37	2,15
R\$ 0,50/ton/km	3,23	2,90	2,63
R\$ 0,75/ton/km	3,82	3,43	3,11

6 CONCLUSÕES

Conclui-se que os laticínios de micro e pequeno porte foram predominantes entre os participantes da pesquisa, com 90,8% do total, caracterizando-se principalmente pela grande dispersão geográfica e pelo volume produzido de soro de leite menor que 10.000 litros/dia. Como visto no modelo de otimização logística, o aproveitamento do soro de leite em produtos de alto valor agregado como, por exemplo, o soro de leite em pó desmineralizado, requer investimentos financeiros consideráveis, que demandam volumes significativos de soro de leite para justificar tais investimentos. Portanto, o encaminhamento do soro de leite para uma unidade de processamento é essencial para seu aproveitamento.

Constatou-se que muitos laticínios entrevistados (43,4%) ainda não realizam controle de qualidade no soro, com o intuito de aproveitar o soro para elaboração de outros produtos e vender para terceiros, sendo necessário investir em programas de qualidade para garantir produtos com maior segurança e validade comercial. No entanto, 64,5% dos laticínios relataram que implementariam ações para ter um soro de qualidade, com objetivo de agregar valor ao produto.

Constatou-se que uma grande quantidade de laticínios (71,1%) estaria disposta a vender o soro de leite. Essa informação é de suma importância para empresas já instaladas na região ou para futuros empreendimentos que irão necessitar de matéria-prima (soro de leite).

A hipótese de associação entre os laticínios situados na mesma região foi muito bem aceita, tanto para formar um centro de coleta de soro de leite (72,4%) como para formar uma unidade de concentração (68,4%). Essa estrutura coletiva tem o objetivo de beneficiar a todos, o que poderá lhes garantir o desenvolvimento sustentável, resolvendo o problema ambiental do descarte do soro de leite sem tratamento, além de benefícios econômicos com a redução do custo do tratamento do efluente (soro) e agregação de valor ao soro de leite.

Assim, no *cluster* de produtores de queijo estudado neste trabalho existe um potencial muito grande de maior aproveitamento do soro de leite gerado, que poderá ser vendido para outras indústrias para o seu beneficiamento em produtos de maior valor agregado como, por exemplo, o soro de leite em pó.

Conclui-se que a rede logística de soro de leite nas mesorregiões da Zona da Mata e Campo das Vertentes de MG deve ser constituída de 8 unidades de pré-concentração de soro nos municípios de Antônio Carlos, São João Del Rei, Lima Duarte, Lavras, São João do Oriente, São Geraldo, Nazareno e Rio Pomba, para o cenário base, e de uma unidade

adicional de pré-concentração em Belmiro Braga, ou seja, um total de nove unidades, para o cenário com aumento de investimento. Para o cenário base, a opção mais viável sugerida pelo modelo foi o envio de todo soro pré-concentrado do *cluster* para a unidade de Ponte Nova, enquanto para o cenário com aumento de investimento o modelo propõe também como opção viável o envio do soro da unidade adicional de pré-concentração em Belmiro Braga para a unidade de secagem em Leopoldina.

Os resultados obtidos no estudo mostraram que as unidades de secagem já existentes operando com capacidade ociosa nos municípios de Leopoldina e Ponte Nova são capazes de processar todo o soro pré-concentrado do *cluster*, não sendo necessária a construção de novas unidades de secagem. Portanto, somente é necessária a construção de unidades de pré-concentração. Com base na análise logística e de viabilidade técnica e econômica, foi identificado que a rede logística mais adequada para o *cluster* é pré-concentrar o soro de leite em locais intermediários (unidades de pré-concentração) e, a partir desses locais, enviá-los para unidades de secagem.

Os resultados do modelo logístico mostram que existe viabilidade técnica e econômica para o projeto proposto. O tempo necessário para recuperar o capital investido para o cenário base foi de 2,9 anos, já para o cenário com aumento do investimento total o tempo de retorno do investimento foi de 2,87 anos e, por fim, para o cenário com a mudança do custo de transporte o tempo de retorno do investimento aumenta com a elevação dos custos de transporte, especialmente para os preços baixos de soro de leite pré-concentrado.

Salienta-se que uma das alternativas para a rede logística de soro de leite estudada se organizar, são as unidades de secagem já existentes no *cluster* operando com capacidade ociosa investirem na construção de unidades de pré-concentração, ou seja, uma integração vertical para trás, tendo como possíveis vantagens maior controle sobre a qualidade do soro, fornecimento e redução de custos, iniciativa que já se verifica em outros países.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

O modelo matemático de otimização logístico utilizado neste trabalho é geral e flexível, permitindo o seu uso em novos estudos de localização para determinar a rede logística de soro de leite mais viável, incluindo redes logísticas já existentes. Ao substituir a descrição do processo, é possível modelar a produção de diferentes produtos a partir do soro de leite. Por exemplo, aplicada à avaliação das possibilidades econômicas de produzir bebidas a partir do soro.

O requisito mais importante para o sucesso da implementação de qualquer estratégia de aproveitamento de soro de leite é o controle de qualidade. Os fabricantes de queijo devem se comprometer em produzir soro de leite de boa qualidade, a fim de processá-lo em uma instalação central para agregar ainda mais valor. Infelizmente, a qualidade de soro de leite não pode ser estudada neste trabalho. Assim, fica como sugestão para trabalhos futuros o estudo da qualidade do soro produzido pelos laticínios participantes deste projeto, bem como estudar modelos e dinâmica de integração para viabilizar a cooperação em torno das unidades de produção e processamento do soro com vistas ao seu aproveitamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, Luiz Antonio et al. **Eficiência como critério de tipificação da indústria laticinista mineira**. Trabalho apresentado no XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco, 2008.

ALVES, M. P. et al. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 69, n. 3, p. 212-226, mai./jun. 2014.

ALVES, R. L. D. **Projeto da rede de captação logística do soro de queijo produzido no Estado de Minas Gerais**. 2005. 33 f. Monografia (Conclusão do curso de Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

AMARAL, L. P. **Balança comercial de lácteos: importações subiram 50,4% em 2015**. Postado em: 15 jan. 2016. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/artigos-especiais/balanca.aspx>>. Acesso em 01 jul. 2016.

ANDRADE, L. H. **Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reuso**. 2011. 214 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2011.

ARAÚJO, Massilon J. **Fundamentos de Agronegócios**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

BALDASSO, C. **Fracionamento dos componentes do soro de leite através da tecnologia de separação por membranas**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

_____. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

BARBOSA, Antusia dos Santos et al. Utilização do soro como substrato para produção de aguardente: estudo cinético da produção de etanol. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 07-25, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 maio. 2011a.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Assessoria de Gestão Estratégica. **Plano mais pecuária**. Brasília: MAPA/ACS, 2014. 32 p.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Assessoria de Gestão Estratégica. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 20 jul. 2016a.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Aprova o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel, em conformidade com os Anexos desta Instrução Normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: 30 dez. 2011b.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Portaria nº 53, de 10 de abril de 2013. Projeto de Instrução Normativa e seu Anexo que estabelecem os padrões de identidade e qualidade de soro de leite. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: 11 abr. 2013. Portaria em consulta pública - Válida até 10/05/2013.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior**: AliceWeb. Disponível em <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 01 ago. 2016b.

BYLUND, G. **Dairy processing handbook**. Tetra Pak Processing Systems, 1995. 426p.

CAPITANI, Caroline Dário et al. Recuperação de proteínas do soro de leite por meio de coacervação com polissacarídeo. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 40, n. 11, p. 1123-1128, 2005.

CARVALHO, B. M. A. et al. Métodos de detecção de fraude em leite por adição de soro de queijo. **REDVET - Revista electrónica de Veterinaria**, v. 8, n. 6, p. 1-7, 2007.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Boletim do Leite**. Piracicaba: CEPEA – ESALQ/USP, n. 248, jan. 2016a.

_____. **Relatório do PIB das Cadeias - análises do acumulado de 2015**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pibpec/PIB_Cadeias_relatorio_2015.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2016b.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: estratégia, planejamento e operação. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento na cadeia de suprimentos**. São Paulo: Cenage Learning, 2011.

CORRÊA, C. C. et al. **A logística de coleta e distribuição do leite como diferencial competitivo para os pequenos processadores de leite**. Trabalho apresentado no XLVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Campo Grande, 2010.

CORREIA, L. F. M.; MAUBOIS, Jean-Louis; CARVALHO, A. F. Aplicações de membranas na indústria de laticínios. **Indústria de Laticínios**, v. 15, p. 74-78, 2011.

CORTEZ, N. M. S. **Diagnóstico da produção do soro de queijo no estado do Rio de Janeiro**. 2013. 96 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ. 2013.

FAGNANI, Rafael. **Da ultrafiltração à osmose reversa**. Postado em: 25 jan. 2016. Disponível em: <<http://m.milkpoint.com.br/industria/radar-tecnico/leite-fluido/da-ultrafiltracao-a-osmose-reversa-99854n.aspx>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

FREITAS, Henrique et al. O método de pesquisa survey. **Revista de administração**, v. 35, n. 3, p. 105-112, 2000.

GARCÍA-FLORES, R.; JULIANO, P. Optimal selection of whey processing facilities and technology. In: 20TH INTERNATIONAL CONGRESS ON MODELLING AND SIMULATION, 20., 2013, Adelaide. **Anais...** Adelaide: 2013. p. 573–579.

GARCÍA-FLORES, R.; MARTINS, R.; SOUZA FILHO, O.V.; GONZÁLEZ, M.; MATTOS, C.; ROSENTHAL, A.; JULIANO, P. A novel facility and equipment selection model for whey utilisation: A Brazilian case study. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 117, p. 127-140, 2015.

GERNIGON, Gwénolé; SCHUCK, Pierre; JEANTET, Romain. Processing of Mozzarella cheese wheys and stretchwaters: A preliminary review. **Dairy science & technology**, v. 90, n. 1, p. 27-46, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIROTO, J. M.; PAWLOWSKY, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. **Brasil Alimentos**, n. 10, p. 43-46, 2001.

HOMEM, G. R. **Avaliação técnico-econômica e análise locacional de unidade processadora de soro de queijo em Minas Gerais**. 2004. 230 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE - Estatística da Produção Pecuária**. Rio de Janeiro: IBGE, mar. 2016a.

_____. **Produção da Pecuária Municipal 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 42, p. 1-39, 2014.

_____. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/>>. Acesso em: 25 jun. 2016b.

JUNG, C. F. **Elaboração de projetos de pesquisa aplicados à engenharia de produção**. Taquara: FACCAT, 2010.

KOSSEVA, Maria R. et al. Use of immobilised biocatalysts in the processing of cheese whey. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 45, n. 5, p. 437-447, 2009.

MACHADO, R. M. G.; SILVA, P. C.; FREIRE, V. H. Controle Ambiental em indústrias de laticínios. **Brasil Alimentos**, n. 7, p. 34-36, mar./abr. 2001.

MAGALHÃES, Karina T. et al. Comparative study of the biochemical changes and volatile compound formations during the production of novel whey-based kefir beverages and traditional milk kefir. **Food Chemistry**, v. 126, n. 1, p. 249-253, 2011.

MAGANHA, M. F. B. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos – Série P+L**. São Paulo: CETESB, 2006. 89 p.

MARTINS, R. S.; SOUZA FILHO, O. V.; LOBO, D. S. A logística como direcionador para a formação de cadeia de valor: um estudo aplicado na indústria de beneficiamento do soro de queijo. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 15, n. 1, 2013.

MEZZADRI, F. P. **Análise da conjuntura agropecuária Leite – ano 2014**. Curitiba: Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), Departamento de Economia Rural (DERAL), 2014. 21 p.

MILINSKI, C. C. et al. O sistema agroindustrial do leite no Brasil: uma análise sistêmica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS, 4., 2008, Franca. **Anais...** Franca: Uni-FACEF, 2008. p. 01-17.

MILKPOINT. **Produção de queijos no Brasil perde fôlego em 2015**. Postado em: 06 jun. 2016. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/industria/cadeia-do-leite/giro-de-noticia.aspx>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

MINAS GERAIS (ESTADO). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário do Executivo – Minas Gerais**, Belo Horizonte, 13 maio. 2008.

MOREIRA, Ricardo Wagner Mori et al. Avaliação sensorial e reológica de uma bebida achocolatada elaborada a partir de extrato hidrossolúvel de soja e soro de queijo. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 4, p. 435-438, 2010.

NUNES, L. A.; GERBER, J. Z.; FREIRES, F. G. M.; TANCO, M. **The Dairy Agribusiness in a Sustainable Perspective**. In: Production and Operations Management Society (POMS) 25th Annual Conference, 2014, Atlanta. POMS Meetings. Atlanta, 2014.

NUNES, L. A.; GERBER, J. Z.; LAVOURA, T. N.; COSTA, F. P. Saúde e segurança do trabalho no planejamento da cadeia produtiva do soro do leite: uma proposta de integração. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11., 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2015, p. 01-17.

NUNES, L.; SANTOS, M. G. Caracterização físico-química de soros obtidos de diferentes tipos de queijos. **Horizonte Científico**, v. 9, n. 2, 2015.

OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, 2012.

PANESAR, Pamjit S. et al. Bioutilisation of whey for lactic acid production. **Food Chemistry**, v. 105, n. 1, p. 1-14, 2007.

PAULA, J. C. J. et al. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 367, p. 19-25, 2009.

PEDRA, D. F. B. M. et al. **Análise de fatores produtivos e comerciais da cadeia láctea no Brasil**. Trabalho apresentado no XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco, 2008.

PEREIRA, V. S. et al. A incorporação da variável ambiental nas agroindústrias exportadoras de derivados lácteos de Minas Gerais. **Contextus - Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, v. 7, n. 1, p. 103-112, jan./jul. 2009.L

PERRONE, I. T. **Soro de leite: concentração, cristalização da lactose e secagem**. 2010. 86 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

POLO DE EXCELÊNCIA DO LEITE E DERIVADOS. **Perfil do Produtor de Leite nas Mesorregiões da Zona da Mata e Campo das Vertentes de Minas Gerais**. Belo Horizonte: 2010. 119 p.

ROCHA, Larissa de Oliveira Ferreira. **Utilização de soro lácteo, goma xantana e amido modificado na elaboração de doce de leite com café**. 2013. 204 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras: UFLA, 2013.

ROHLFES, Ana Lúcia Becker et al. Indústrias lácteas: alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 2, p.79-83, jul./dez. 2011.

SANTOS, Jânio Sousa; MACIEL, Laercio Galvão; SEIXAS, Vitória Nazaré Costa. Processo de Separação por Membrana (PSM): aplicação da tecnologia na indústria láctica. **DESAFIOS: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 1, n. 1, p. 210-226, 2014.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Critérios de classificação de empresas: MEI - ME – EPP**. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>>. Acesso em: 20 set. 2016.

SILVA, M. F.; SILVA, A. C. Produção de leite: análise dos dados no Brasil, estado de Minas Gerais, Zona da Mata e microrregião de Viçosa. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 3, n. 2, p. 74-83, 2013.

SILVA, Rosana de Oliveira Pithan e. Mercado de Lácteos em 2014 e Perspectivas para 2015. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 10, n. 3, mar. 2015.

SILVA, Rosana de Oliveira Pithan e et al. Aspectos das Importações de Soro de Leite no Brasil. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 8, n. 7, jul. 2013.

SIMEÃO, Moisés et al. **Influência do tipo de cristalizador na cinética de cristalização do soro de leite concentrado**. 2016. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

SINHA, Rhicha et al. Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1484-1491, 2007.

SILVA, Rosana de Oliveira Pithan e et al. Aspectos das Importações de Soro de Leite no Brasil. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 8, n. 7, jul. 2013.

SISO, MI González. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. **Bioresource Technology**, v. 57, n. 1, p. 1-11, 1996.

SISTEMA FAEMG. **Valor Bruto da Produção Agropecuária Mineira - 2014 e 2015**.

Disponível em: <
<http://www.sistemafaemg.org.br/Conteudo.aspx?Code=72&Portal=2&ParentCode=67&ParentPath=None&ContentVersion=R>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

TEIXEIRA, Carlos de Oliveira et al. legislação sobre licenciamento ambiental - uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 65, n. 375, p. 43-50, 2010.

TÔRRES FILHO, Arthur et al. **Guia técnico ambiental da indústria de laticínios**. Belo Horizonte: FIEMG e FEAM, 2014. 70 p.

TSAKALI, Efstathia et al. A review on whey composition and the methods used for its utilization for food and pharmaceutical products. In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIMULATION AND MODELLING IN THE FOOD AND BIO-INDUSTRY, 6., 2010, Bragança. **Anais...**Bragança, Portugal, 2010.

ZACARCHENCO, P. B. et al. Tecnologias para industrialização do soro de leite. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO LEITE, 12., 2013, Porto Velho. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Gado de Leite, 2013.

WISSMANN, Martin Airton et al. Environmental costs: analysis of its impact and importance in the pursuit of eco-efficiency in an industry of cheese. **Custos e @gronegocio online**, v. 8, n. 3, 2012.

8 ANEXOS

Anexo A - Diagnóstico da produção e do aproveitamento do soro de leite

Data: ____/____/____ Entrevistador _____

DADOS DA EMPRESA

Razão social	
Município	
Endereço completo	
E-mail	
Latitude ____° ____' ____''	Longitude ____° ____' ____''
Nome do entrevistado	
Cargo na empresa	
Tipo de inspeção	<input type="checkbox"/> Federal <input type="checkbox"/> Estadual <input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/> Sem inspeção

	Total	Mulheres
Número de pessoas que trabalham na empresa		
Número de pessoas que trabalham na produção		

DADOS DE CAPTAÇÃO DE LEITE

Volume de leite processado por dia (litros)	Seca _____	Águas _____
Volume de leite destinado à produção de queijos por dia (litros)	Seca _____	Águas _____
Quais as análises do leite que realizam?	<input type="checkbox"/> Não faz análise <input type="checkbox"/> Composição físico-química: <input type="checkbox"/> acidez <input type="checkbox"/> densidade <input type="checkbox"/> outros <input type="checkbox"/> Antibióticos <input type="checkbox"/> CTB – Contagem total de bactérias <input type="checkbox"/> CCS – Contagem de células somáticas <input type="checkbox"/> CMT – <i>Californian mastit tests</i>	

Completar	
Tipo de queijo produzido (nome)	% do leite utilizado no mês

Uso de aditivos na elaboração dos queijos	
Aditivos	Tipo de queijo produzido (nome)
Nitratos	
Corantes	
Amido	
Lisozimas	
Outros (especifique)	

Perspectivas: Nos próximos cinco anos pretende aumentar o volume de leite processado? () Sim () Não		
Se Sim	Aumentar volume de leite em _____%	Aumentar a produção de queijo em _____%
Produzir novos produtos, quais?		

DADOS DO SORO

Volume da produção diária de soro (litros):	
---	--

Tipo de coagulação (ACIDIFICAÇÃO) para a obtenção dos queijos			
Tipo de queijo (nome)	Coagulação Enzimática	Por cultura láctica	Por ácido láctico

Realiza adição de sal no leite para elaboração de queijos?	
Qual volume diário de soro salgado é gerado (litros)?	

Quais análises são realizadas no soro?		
<input type="checkbox"/> Não faz análise	<input type="checkbox"/> Acidez	<input type="checkbox"/> Microbiológico (CTB)
<input type="checkbox"/> pH	<input type="checkbox"/> Antibiótico	<input type="checkbox"/> Proteína
<input type="checkbox"/> Gordura	<input type="checkbox"/> Sensorial	<input type="checkbox"/> Outra Qual _____
<input type="checkbox"/> Sólidos totais	<input type="checkbox"/> Lactose	

Armazenamento do soro	
Realiza armazenamento do soro?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Como é armazenado?	
Volume armazenado (litros)	
Capacidade instalada (litros)	
Tempo de armazenamento (horas)	
Temperatura de armazenamento (°C)	
Realiza higienização frequente do tanque de armazenamento de soro?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Possui fornecimento contínuo de energia elétrica?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

Tratamento do soro
Realiza algum tratamento? Indique qual, e o fluxo (volume por hora) de cada um deles
<input type="checkbox"/> Não realiza tratamento <input type="checkbox"/> Secagem _____ litros/hora <input type="checkbox"/> Desnate _____ litros/hora <input type="checkbox"/> Pasteurização _____ litros/hora <input type="checkbox"/> Resfriamento _____ litros/hora <input type="checkbox"/> Concentração-Ultrafiltração _____ litros/hora <input type="checkbox"/> Nanofiltração _____ litros/hora <input type="checkbox"/> Osmose inversa _____ litros/hora <input type="checkbox"/> Outro. Qual _____ m ³ /h

Gera outros resíduos relacionados com o tratamento do soro? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Se a resposta é Sim , especificar: _____
O que faz com o resíduo? _____

Produz ricota? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Se a resposta é Sim , indique a quantidade produzida por mês (kg): _____
Qual o volume de soro utilizado (litros/dia)? _____

Qual é o destino dado ao soro gerado no seu estabelecimento?
<input type="checkbox"/> Alimentação animal <input type="checkbox"/> Venda para terceiros ? Qual é o preço por litro? _____ <input type="checkbox"/> Tratamento de efluentes <input type="checkbox"/> Descarte ao meio ambiente <input type="checkbox"/> Elaboração de outros produtos. Quais? _____ No caso de produção de ricota, o que é feito do soro ácido obtido? _____

Conhece as possíveis aplicações do soro como ingrediente na indústria? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Quais? _____

TRANSPORTE DO SORO

Como é a estrada da cidade até a fábrica?	<input type="checkbox"/> Pavimentada <input type="checkbox"/> Não pavimentada <input type="checkbox"/> Outros
Tem problemas no período das chuvas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
O transporte utilizado para o soro é o mesmo utilizado para o leite?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
O transporte é realizado por	
<input type="checkbox"/> Empresa compradora do soro <input type="checkbox"/> Próprio Número de veículos utilizados? _____ Capacidade de transporte (litros)? _____ <input type="checkbox"/> Contratado: Número de empresas que utilizam para prestar o serviço: _____ Número de veículos: _____ Capacidade de transporte (litros): _____	
Os custos do transporte do soro são de responsabilidade do	
<input type="checkbox"/> do próprio laticínio <input type="checkbox"/> do comprador <input type="checkbox"/> outro Quem? _____	
Qual a distância do local de produção até o destino final do soro?	_____ km
	_____ km
Com que frequência e volume o soro é transportado?	
<input type="checkbox"/> todo dia Volume _____ <input type="checkbox"/> mais de uma vez ao dia. Quantas? _____ Volume _____ <input type="checkbox"/> outra qual? _____ Volume _____	

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Você gostaria de vender o soro para empresa de processamento? () Sim () Não

Você se associaria com outros queijeiros para formar um centro de coleta de soro? () Sim () Não

Você se associaria com outros queijeiros para formar uma unidade de concentração de soro?

() Sim () Não

Se compensar, você deixaria de utilizar nitratos, corantes, etc. e implementaria ações para ter um soro de qualidade, com o objetivo de agregar valor ao produto? () Sim () Não

Se compensar, você evitaria salga direta do leite no processo de elaboração de queijos, para viabilizar o aproveitamento do soro? () Sim () Não